



TUGAS AKHIR – TI 141501

ANALISIS PERBAIKAN CACAT WARNA PRODUK BERDASARKAN ASPEK MANUSIA DAN PROSES PENCAMPURAN

SAMUEL TARIGAN
NRP 2512 100 144

DOSEN PEMBIMBING:
Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.

DOSEN KO-PEMBIMBING:
Dewanti Anggrahini, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT – TI 141501

**IMPROVEMENT ANALYSIS OF PRODUCT'S COLOR
DEFECT BASED ON HUMAN ASPECT AND MIXING
PROCESS**

SAMUEL TARIGAN
NRP 2512 100 144

SUPERVISOR:

Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.

CO-SUPERVISOR:

Dewanti Anggrahini, S.T., M.T.

**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERBAIKAN CACAT WARNA PRODUK BERDASARKAN ASPEK MANUSIA DAN PROSES PENCAMPURAN TUGAS AKHIR

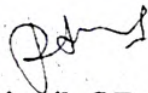
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

SAMUEL TARIGAN

NRP. 2512 100 144

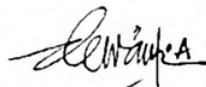
Mengetahui dan menyetujui,
Dosen Pembimbing



Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.

NIP. 197405081999032001

Dosen Ko-Pembimbing



Dewanti Anggrahini, S.T., M.T.

NIDN. 0702058801



ANALISA PERBAIKAN CACAT WARNA PRODUK BERDASARKAN ASPEK MANUSIA DAN PROSES PENCAMPURAN

Nama : Samuel Traigan
NRP : 2512100144
Pembimbing : Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
Ko-Pembimbing : Dewanti Anggrahini, S.T., M.T.

ABSTRAK

PT.X adalah perusahaan berkelas dunia yang menghasilkan produk sabun mandi. Perusahaan mengalami beberapa permasalahan yang berkaitan dengan kualitas produk sabun. Permasalahan warna sabun diluar spesifikasi merupakan permasalahan yang paling merugikan perusahaan dan memiliki frekuensi terjadi yang tinggi sehingga menjadi fokus penelitian. Berdasarkan observasi awal, penyebab utama cacat warna diluar spesifikasi adalah human error saat proses pencampuran. Langkah awal penelitian adalah dengan menganalisa kondisi eksisting dan mengidentifikasi akar penyebab masalah menggunakan *root cause analysis*(RCA). *Human reliability assessment* (HRA) dilakukan karena aspek *human* adalah penyebab utama permasalahan. Metode HRA yang digunakan untuk adalah *hierarchial task anaysis* (HTA), *human error assessment and reduction technique* (HEART) dan *systematic human error reduction and prediction approach* (SHERPA). Metode tersebut digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, mengkuantifikasi dan mereduksi *human error* yang terjadi. Diperoleh beberapa *human error* yang memiliki *failure probability* besar dan tingkat kekritisannya tertinggi. *Human error* tersebut diklasifikasikan kedalam kategori kesalahan penguasaan dan kesalahan komunikasi. Faktor yang berkontribusi sebagai penyebab kedua kategori tersebut adalah *human* dan *management (policy/organization)* Rekomendasi perbaikan yang ditawarkan meliputi *training and coaching*, perubahan sistem *reward and punishment*.

Kata Kunci : *Root Cause Analysis, Hierarchial Task Anaysis, Human Error Assessment and Reduction Technique, Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach*

IMPROVEMENT ANALYSIS OF PRODUCT'S COLOR DEFECT BASED ON HUMAN ASPECT AND MIXING PROCESS

Name : Samuel Tarigan
Student ID : 2512100144
Supervisor : Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
Co-Supervisor : Dewanti Anggrahini, S.T., M.T.

ABSTRACT

PT.X is a world class company that produces soap. Companies are experiencing some problems related to product quality soap. Color out of specification is a problem that most harm to the company and have a high frequency occurs so that became the focus of research. Based on preliminary observations, the main cause of color out of specification is human error during the process of mixing. The initial step of this research is to analyze existing conditions and identify the root cause of the problem using root cause analysis (RCA). Human reliability assessment (HRA) carried out because the human aspect is the main cause of the problem. HRA methods used for hierarchical task analysis (HTA), human error assessment and reduction technique (HEART) and systematic human error reduction and prediction approach (SHERPA). The methods used to identify, analyze, quantify and reduce human error that occurred. There is some human error that has a great probability of failure and the highest level of criticality. Human error is classified into categories pouring errors and communication errors. The contributing factors as the cause of both categories are human, management (policy / organization) and the environment. Recommended improvements offered include training and coaching, change the reward system and punishment.

Keywords: Root Cause Analysis, Hierarchical Task analysis, Human Error Assessment and Reduction Technique, Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Perumusan masalah.....	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
1.5 Ruang lingkup penelitian	5
1.5.1 Batasan Penelitian	5
1.5.2 Asumsi Penelitian	5
1.6 Sistematika penulisan.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kualitas	7
2.1.1 Biaya Kualitas	7
2.1.2 Manajemen Pengendalian Kualitas	8
2.2 Root cause analysis	8
2.3 Human Reliability Assessment	9
2.3.1 Hierachial Task Analysis (HTA)	9
2.3.2 Human error Assessment and reduction Technique(HEART).....	10
2.3.3 Systematic Human error Reduction and Prediction Approach (SHERPA)	14
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tahap Pendahuluan.....	19
3.2 Tahap pengumpulan dan pengolahan data	19
3.3 Tahap Analisis dan penarikan kesimpulan serta saran.....	20
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	21
4.1 Gambaran Umum Perusahaan.....	21
4.1.1 Tata Letak Bangunan Perusahaan	21

4.1.2 Proses Produksi Sabun	22
4.1.3 Proses Pencampuran Material Sabun	26
4.1.4 Quality control dalam Proses Produksi Sabun	27
4.2 Identifikasi Penyebab Warna Sabun diluar Spesifikasi.....	29
4.2.1 Hasil Pengamatan Waktu penuangan dan Pengukuran Warna Sabun.....	30
4.3 Human Reliability Assessment	35
4.3.1 Hierarchial task Analysis (HTA).....	35
4.3.2 Human error Probability (HEP)	37
4.3.3 Human error Assessment and reduction Technique (HEART).....	39
4.3.4 Systematic Human error Reduction and Prediction Approach (SHERPA).....	42
4.4 Penilaian Human Reliability Hasil Observasi	49
4.5 Uji Kecukupan data.....	50
4.6 Penentuan Batas Minimum Human Reliability.....	51
4.7 Identifikasi penyebab Human error selama Observasi.....	52
4.8 Pemilihan dan Perancangan alternatif perbaikan	54
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	61
5.1 Analisis Cacat Warna Sabun.....	61
5.2 Analisis Human Reliability Assessment	62
5.2.1 Analisis output metode Human error Assessment and reduction Technique.....	62
5.2.2 Analisis Hasil perhitungan Human Reliability Hasil Observasi	62
5.3 Analisis Pemilihan dan Perancangan alternatif perbaikan	63
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
6.1 Kesimpulan	65
6.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	69
Lampiran 1	69
Lampiran 2	70
Lampiran 3	74
Lampiran 4	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Generic Task Types	12
Tabel 2.3 SHERPA error modes	15
Tabel 4.1 Hasil pencatatan waktu penuangan material dan pengukuran warna.....	31
Tabel 4.2 Hasil pengolahan data waktu penuangan dan delta e.....	32
Tabel 4.3 waktu penuangan material 9 Mei 2016	34
Tabel 4.4 Delta e output produksi 9 Mei 2016	35
Tabel 4.4 Tabel HTA proses pencampuran material	35
Tabel 4.5. Human error Probability	37
Tabel 4.6 Penentuan Task Category(TC), EPC, assessed proportion(PR).....	39
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Assessed effect(AE) dan Failure probability.....	41
Tabel 4.8 Systematic Human error Reduction and Prediction Approach (SHERPA)	43
Tabel 4.9 Keandalan Operator A	50
Tabel 4.10 Keandalan Rata-rata Operator Pencampuran Material	50
Tabel 4.12 Rekap human error selama observasi.....	52
Tabel 4.13 Rekap aktivitas operator hasil amatan	55
Tabel 4.14 Task dengan dampak tertinggi dan terjadi	56
Tabel 4.15 Faktor yang berkontribusi terhadap human error.....	57
Tabel 4.16 Solusi permasalahan.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bagan kerugian dan frekuensi akibat warna diluar spesifikasi	2
Gambar 2.1 Contoh Fishbone Diagram	8
Gambar 3.1 Flowchart Pelaksanaan Penelitian	17
Gambar 4.1 Bangunan utama PT. X	21
Gambar 4.2 Alur proses produksi sabun batang	22
Gambar 4.3 <i>Soap Chip</i>	22
Gambar 4.4 hand stacker forklift	23
Gambar 4.5 Layout departemen pencampuran material dan packing line plant D	23
Gambar 4.6. Storage silo (ilustrasi)	24
Gambar 4.7. Automated Weighing machine.....	24
Gambar 4.8. Soap chip mixing machine (ilustrasi).....	25
Gambar 4.9. Lini pencampuran material (BDM).....	26
Gambar 4.10 Fishbone penyebab warna sabun diluar spesifikasi.....	29
Gambar 4.11 Alat pengukur warna sabun.....	30
Gambar 4.12 Fluktuasi delta e terhadap waktu penuangan powder dan colorant.....	33
Gambar 4.13. Fluktuasi delta e terhadap waktu penuangan powder dan colorant.....	33

BAB 1

PENDAHULUAN

Bab 1 berisi latar belakang yang menjadi alasan dilakukannya penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan ruang lingkup penelitian.

1.1 Latar belakang

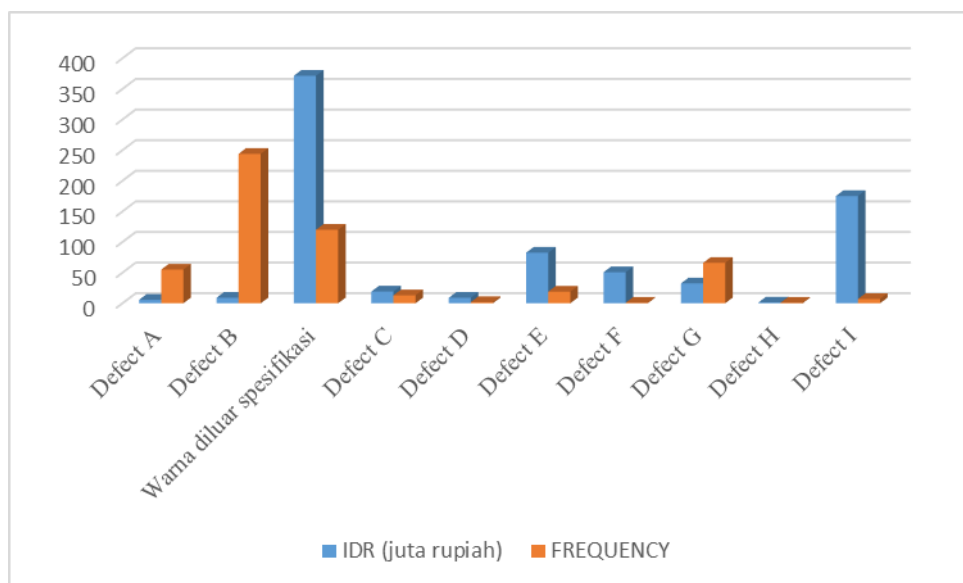
Kualitas adalah suatu keadaan dinamis yang memiliki hubungan dengan produk, jasa, manusia, proses, lingkungan dan memenuhi atau melebihi harapan (Goetsch & Davis, 1994). Pada perusahaan kelas dunia yang berkompetisi dengan sangat ketat, kualitas menjadi salah satu pilar yang penting. Kualitas yang rendah akan membuat pelanggan tidak puas. Pelanggan yang tidak puas akan berhenti membeli produk atau jasa tersebut dan menceritakan pengalamannya kepada orang lain. Dampaknya, calon pelanggan akan menjatuhkan pilihannya kepada produk sejenis milik perusahaan lain (Lupiyoadi & Hamdani, 2006). Disisi lain, kualitas yang rendah akan menimbulkan biaya kualitas. Biaya kualitas adalah biaya untuk melakukan pencegahan, deteksi, dan aktivitas yang lain berkaitan dengan produk cacat (Garrison, et al., 2006).

PT. X adalah perusahaan berkelas dunia yang memproduksi *fast moving consumer goods*. Salah satu pabriknya berlokasi di Jawa Timur. Salah satu produk pabrik ini adalah pembersih badan berupa sabun mandi batang (*soap bar*). Sabun mandi dari pabrik ini akan dipasarkan di area lokal dan internasional.

Menurut produsen, kualitas adalah kesesuaian terhadap spesifikasi. Produsen memberikan batas toleransi tertentu yang dispesifikasikan untuk atribut-atribut kritis dari setiap bagian yang dihasilkan (Krajewski & Ritzman, 1990). PT. X mengklasifikasikan produk sabun cacat berdasarkan 10 jenis cacat (ditampilkan pada Gambar 1.1). Salah satu jenis cacat tersebut adalah warna sabun diluar spesifikasi atau biasa disebut *color-sensory*. Warna dapat membentuk persepsi konsumen seperti *brand personality*, familiaritas, *likeability*, dan niat membeli (Labrecque & Milne, 2011). PT.X menggunakan alat pengukur warna/*colour meter* bernama Minolta. Alat ini bisa melihat penyimpangan warna terhadap standar

yang diberikan. Skala penyimpangan yang masih masuk batas toleransi adalah 0 sampai dengan 3. Jika Lebih dari 3, maka warna tersebut diluar spesifikasi.

Gambar 1.1 menunjukkan bahwa cacat jenis *color – sensory* menyebabkan kerugian paling tinggi dengan frekuensi kedua tertinggi sehingga ini menjadi fokus penelitian. *Defect* warna sabun diluar spesifikasi menjadi bahasan khusus dalam rapat perusahaan bersama *General manufacturing manager* dan seluruh jajaran pimpinan perusahaan pada hari sabtu 14 Mei 2016. Gambar 1.1 berikut adalah data produk cacat yang ada di PT. X.



Gambar 1.1 Bagan kerugian dan frekuensi akibat warna diluar spesifikasi (PT. X, 2015)

Berdasarkan observasi dan instruksi kerja yang ada, *operator* mesin di PT. X melakukan *sampling* sabun setiap satu jam sekali . Pemeriksaan dilakukan mengacu pada *Costumer Relevant Quality Standard* (CRQS) milik perusahaan. Menurut standar tersebut, ada tiga tingkatan produk. Produk jenis pertama adalah *red*, yaitu produk yang memiliki kategori cacat paling tinggi. Saat ditemukan produk yang memiliki cacat jenis ini, proses harus langsung dihentikan dan dicari sumber masalahnya. Produk jenis kedua disebut *amber*. Saat ditemukan produk dengan cacat jenis ini dan cacatnya ditemukan selama tiga kali pemeriksaan berturut-turut, proses harus diberhentikan dan dicari sumber masalahnya. Produk jenis ketiga disebut *green*, dimana produk ini bebas dari cacat.

CRQS merupakan standar yang diperoleh perusahaan dari penelitian mengenai kualitas yang di inginkan oleh konsumen. Dari hasil penelitian tersebut, warna produk termasuk atribut kualitas yang penting menurut konsumen.

Pada tahun 2015, terjadi 120 kali produk cacat berkategori *red* akibat warna yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Setiap terjadi warna tidak sesuai spesifikasi yang berkategori *red*, dilakukan tindakan tambahan berupa *recycle* (selanjutnya disebut sirkulasi). Sirkulasi dalam hal ini adalah *rework* atau mengulangi kembali beberapa proses sebelumnya. Satu kali sirkulasi memakan waktu 15 sampai 30 menit. Kegiatan ini merupakan *loss time* karena tidak ada *output* yang diperoleh saat sirkulasi dilakukan.

Data *loss time* selama tahun 2015 akibat warna diluar spesifikasi adalah 62,8 jam. Perusahaan telah kehilangan waktu produksi selama 62,8 jam kerja atau setara dengan memproduksi 1.978.200 sabun bila menggunakan kecepatan mesin 525 TPM (*tablet perminutes*) di *packing line*. Disisi lain, perusahaan kehilangan kesempatan memproduksi sabun untuk dipasarkan. Apabila diasumsikan keuntungan satu produk sabun adalah Rp 500, maka perusahaan berpotensi kehilangan kesempatan mendapatkan keuntungan sebesar Rp 989.100.000 yang disebabkan oleh proses tambahan.

Di gudang penyimpanan *finished goods* PT. X juga dilakukan *sampling* terhadap produk yang akan didistribusikan. Bila kondisi produk diluar spesifikasi, maka produk akan di-blok. Produk yang masuk kategori blok tersebut tidak akan bisa di distribusikan dan akan menjadi inventori sebelum diproses lebih lanjut. Blok yang banyak akan membutuhkan *space* dan modal yang besar. Modal tersebut seharusnya bisa digunakan untuk kesempatan lain (*opportunity lost*). Proses *blocking* merupakan langkah menurunkan keluhan dari *distribution center* maupun *costumer*.

Pada tahun 2015, sejumlah 392.280 unit produk diblok akibat warna yang tidak sesuai spesifikasi. Produk yang diblok akan mengalami proses sesuai dengan jenis *defect*-nya. Kerugian internal akibat adanya blok adalah biaya *rework*, biaya produksi produk itu sendiri, biaya analisa produk, biaya tenaga kerja yang melakukan pengupasan sabun dan kerugian dari sisi rencana produksi. Berdasarkan

informasi perusahaan tahun 2015, diperoleh data kerugian internal sebesar Rp 352.771.670 akibat adanya produk cacat warna.

Menurut observasi awal, *human* atau *operator* adalah penyebab yang utama. *Operator* adalah karyawan yang bertugas menjalankan mesin dilantai produksi. Terdapat indikasi *human error* berupa urutan dan waktu penuangan material serta lama proses *mixing* yang dilakukan tidak sesuai instruksi kerja.

Berdasarkan paparan diatas, *defect* warna diluar spesifikasi menyebabkan kerugian dari sisi waktu dan biaya. Hal ini mungkin dapat menyebabkan tingkat kompetitif perusahaan menurun sehingga, perusahaan tidak mau hal ini terjadi dan harus diperbaiki dengan cara mengurangi penyebab produk cacat warna diluar spesifikasi. Penelitian ini menggunakan *root cause analysis* untuk mengetahui akar penyebab masalah warna produk tidak sesuai spesifikasi. Selanjutnya, karena salah satu sumber cacat adalah *human*, maka akan dilakukan penelitian mengenai *human error* yang terjadi pada lini pencampuran material dan melakukan pengukuran tingkat keandalan *operator* dengan menggunakan teknik *Human Reliability Assessment* (HRA) yang bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis kesalahan yang mungkin dilakukan oleh *operator*, tingkat keandalan *operator* ketika melakukan pekerjaannya, analisa faktor-faktor yang mempengaruhi ketidakandalan *operator* sehingga melakukan kesalahan kerja (*human error*), serta memberikan rekomendasi perbaikan terhadap sistem kerja sehingga dapat meminimalkan ketidakandalan *operator*. SHERPA digunakan karena metode ini cocok diterapkan untuk *error* yang berhubungan dengan keahlian dan kebiasaan manusia. Kelebihan metode ini adalah lebih detail dan konsisten dalam identifikasi *error*. HEART digunakan karena dapat mengkuantifikasi risiko *human error* dengan cepat, sederhana dan mudah dipahami. Sesuai dengan waktu penelitian yang tidak lama. Kelemahan metode ini adalah bersifat subyektif sehingga hasil yang diperoleh antara peneliti satu dengan yang lain bisa berbeda.

1.2 Perumusan masalah

Permasalahan yang diselesaikan dalam penelitian ini adalah bagaimana meningkatkan kualitas produk agar sesuai spesifikasi warna.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis penyebab terjadinya cacat warna diluar spesifikasi.
2. Memberi solusi bagi cacat warna diluar spesifikasi di PT. X.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah peningkatan profit perusahaan karena penurunan biaya kualitas akibat produk cacat warna diluar spesifikasi.

1.5 Ruang lingkup penelitian

Ruang lingkup penelitian meliputi batasan dan asumsi sebagai berikut :

1.5.1 Batasan Penelitian

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Objek yang diteliti adalah sabun mandi 85 gram.
2. *Line production* yang dijadikan objek amatan adalah *line* 17.
3. Penelitian ini tidak membahas kondisi material *chip* sabun di Silo.
4. Penelitian ini tidak membahas aspek biaya dari solusi yang ditawarkan.

1.5.2 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Tidak ada perubahan kebijakan perusahaan selama penelitian berlangsung.
2. Proses produksi pada lini yang diteliti sama pada setiap *shift* kerja.
3. Proses produksi yang diamati bekerja dalam kondisi ideal.
4. Mekanisme putaran, *blade*, *extruder* dan mesin *mixer* berada dalam kondisi baik sehingga mampu melakukan pencampuran dengan sempurna.

1.6 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan dari tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab antara lain sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan permasalahan dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan teori-teori yang mendukung dan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada serta metode-metode yang digunakan dalam analisa.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode penelitian dan langkah-langkah yang digunakan dalam pemecahan masalah.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menjelaskan tentang proses dan cara pengumpulan serta pengolahan data.

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan analisa data yang meliputi analisa tingkat keparahan cacat warna diluar spesifikasi, analisa penyebab cacat dan alternatif perbaikan yang direkomendasikan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan penelitian dan saran untuk penelitian lebih lanjut.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Bab 2 berisi landasan teori yang digunakan sebagai dasar penelitian tugas akhir. Tinjauan pustaka digunakan berasal dari jurnal, buku, artikel ilmiah dan sumber-sumber lain yang terkait.

2.1 Kualitas

Berdasarkan perspektif *Total Quality Management* (TQM), kualitas dipandang secara lebih komprehensif, dimana bukan hanya aspek hasil saja yang ditekankan, melainkan juga meliputi proses, lingkungan, dan sumber daya manusia. Kualitas adalah kondisi dinamis yang berhubungan dengan produk, jasa, sumber daya manusia, proses, lingkungan dan memenuhi atau melebihi harapan (Goetsch dan Davis, 1994)

2.1.1 Biaya Kualitas

Yang dimaksud dengan biaya kualitas adalah biaya yang muncul karena produk yang dihasilkan tidak memenuhi standar yang diinginkan oleh konsumen (Hansen & Mowen, 2007). Berikut adalah klasifikasi biaya kualitas menurut Hansen & Mowen (2007) :

a) *Prevention Cost*

Prevention Cost merupakan biaya yang dikeluarkan untuk mencegah terjadinya produk diluar spesifikasi. Contoh biaya pencegahan adalah biaya program pelatihan kualitas, biaya pemilihan *supplier*, dan lain lain.

b) *Appraisal Cost*

Appraisal cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk memastikan produk yang dihasilkan sesuai dengan keinginan konsumen. Biaya ini adalah biaya untuk mencegah produk cacat sampai ke tangan konsumen. Contoh *Appraisal cost* adalah biaya inspeksi bahan baku, biaya tenaga kerja untuk pengujian kualitas produk, biaya kalibrasi peralatan, dan lain lain.

c) *Internal Failure Cost*

Internal failure cost biaya yang dikeluarkan akibat produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan keinginan konsumen. Contoh *internal failure cost*

adalah biaya pengerjaan ulang (*rework*), biaya penghentian mesin, biaya inspeksi ulang, dan lain lain.

d) *External Failure Cost*

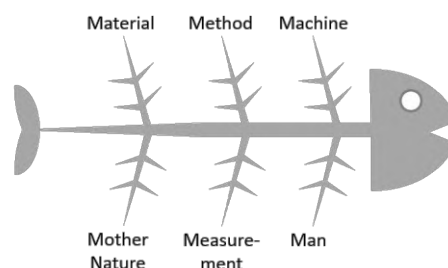
External failure cost adalah biaya yang dikeluarkan karena produk cacat dikirim ke konsumen. Contoh *external failure cost* adalah biaya penarikan kembali, biaya garansi, biaya perbaikan, biaya kehilangan pangsa pasar, dan lain lain.

2.1.2 Manajemen Pengendalian Kualitas

Kualitas dan manajemen kualitas telah berevolusi menjadi *Total Quality Manajement* (TQM). TQM berisi dua pilar yang saling berhubungan, yaitu sistem manajemen dan sistem teknik (Krumwiede, et al., 1998). Sistem manajemen berkaitan dengan *planning*, pemetaan pengendalian dan pengelolaan sumber daya yang berkaitan dengan kualitas produk dan jasa. Sistem teknik meliputi penjaminan kualitas dalam desain produk, perencanaan dan desain proses, pengendalian material, produk dalam pengiriman, *product work in process* dan produk jadi.

2.2 Root cause analysis

Root cause analysis (RCA) merupakan sebuah proses untuk menentukan akar penyebab dari permasalahan-permasalahan yang terjadi. RCA mencakup sistem dan proses, serta tidak untuk menyalahkan. Metode ini dapat digunakan untuk mengetahui penyebab cacat warna diluar spesifikasi. *Fishbone diagram* seperti pada gambar 2.1 adalah alat yang bisa digunakan untuk melakukan RCA. Setelah mengetahui akar permasalahan, dilakukan analisa untuk mengetahui penyebab kristis.



Gambar 2.1 Contoh *Fishbone* Diagram (sumber : <http://www.allaboutlean.com/wp-content/uploads/2013/10/fishbone.png>)

Selain *fishbone* diagram, metode 5 *whys* dapat digunakan untuk memperoleh akar penyebab permasalahan. Konsep dari *tools* ini adalah terus menanyakan penyebab permasalahan (pada umumnya sampai dengan lima kali) (Wedgwood, 2006) mengklasifikasikan lima penyebab permasalahan menjadi *symptom, excuse, blame, cause, root cause*.

2.3 Human Reliability Assessment

Metode kualitatif dan kuantitatif dapat dipakai untuk melakukan penilaian keandalan manusia (*Human Reliability Assessment* - HRA) dapat dipakai (Bell & Holroyd, 2009). Dengan metode ini, dapat dilakukan penilaian mengenai kontribusi manusia terhadap risiko. Ada banyak dan beragam metode yang tersedia untuk HRA. Industri yang memiliki risiko tinggi telah mengembangkan metodenya sendiri, mengingat risiko sangat spesifik yang mereka miliki. HRA merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan manusia yang menjadi anggota dari suatu sistem. *Human error* didefinisikan sebagai keputusan atau perilaku manusia yang tidak tepat dimana dapat mengurangi atau berpotensi mengurangi efektifitas, keselamatan maupun performa sistem (Sanders & McCormick, 1993).

2.3.1 Hierachial Task Analysis (HTA)

Hierachial Task Analysis (HTA) berfungsi untuk mengevaluasi kebutuhan pelatihan organisasi. Teknik yang mendasari, *hierarchical decomposition* menganalisis dan mewakili aspek perilaku tugas kompleks seperti perencanaan, diagnosis dan pengambilan keputusan (Annett dan Stanton, 2001). HTA menguraikan tugas menjadi sub-tugas dan operasi atau tindakan. Komponen tugas ini kemudian direpresentasikan menggunakan bagan struktur. HTA memerlukan identifikasi tugas, mengkategorikan mereka, mengidentifikasi sub-tugas dan memeriksa akurasi keseluruhan model. HTA berguna untuk *interface designers* karena memberikan model untuk pelaksanaan tugas, memungkinkan desainer untuk membayangkan tujuan, tugas, sub-tugas, operasi, dan rencana penting untuk kegiatan pengguna. HTA berguna untuk menguraikan tugas-tugas kompleks, tetapi memiliki pandangan yang sempit dari tugas dan biasanya digunakan dalam

hubungannya dengan metode lain dari analisis tugas untuk meningkatkan efektivitas. HTA berfungsi baik sebagai kerangka analisis dan alat praktis untuk desainer. HTA melihat teori tugas dalam arti yang lebih abstrak, sebagai satu set tujuan yang saling terkait, sumber daya dan kendala. Fokusnya adalah pada sistem dan sifat-sifatnya (Shepherd, 2001). HTA berusaha untuk membangun hipotesis desain diuji, masing-masing mewakili kinerja tuas-baik masalah potensial, atau metode potensial untuk perbaikan. Hipotesis memandu perumusan pilihan desain, kriteria dan batasan (MacLean, Young, Belotti dan Moran, 1991).

HTA menggunakan tanggung jawab *operator* (pengguna) untuk merencanakan penggunaan sumber daya yang tersedia untuk mencapai tujuan tertentu, tetapi memperlakukan proses kognitif *operator* sebagai kotak hitam: "bagaimana perilaku sebenarnya diselenggarakan adalah pertanyaan untuk psikologi kognitif" (Shepherd 2001). Sangat penting untuk memahami struktur kognisi manusia untuk secara tepat mendukung tugas-tugas kognitif yang intensif. Selain itu, penggolongan kognisi dengan cara ini membatasi. Kognisi berhubungan erat dengan proses sosial budaya (Hollan, et al., 2000), namun HTA tidak menyediakan cara sistematis untuk berurusan dengan konteks sosial dan fisik yang kaya dimana kegiatan yang tertanam. Dengan demikian, HTA gagal untuk mendukung komponen yang diperlukan untuk menganalisis arus sistem dan dinamika. Keterbatasan ini mengharuskan penggunaan struktur teoritis tambahan untuk mengembangkan pemahaman yang lebih lengkap dari aktivitas manusia.

2.3.2 Human error Assessment and reduction Technique(HEART)

HEART adalah *tools* lintas sektor yang berlaku untuk setiap domain di mana keandalan manusia penting. Metode ini pertama kali diuraikan dalam sebuah makalah konferensi oleh Williams pada tahun 1985. Metode ini telah berhasil diterapkan di banyak industri termasuk nuklir, kimia, penerbangan, kereta api dan medis. Metode ini adalah bentuk mentah (*pre-processed*) dari HRA yang relatif cepat untuk diterapkan, dan umumnya mudah dipahami oleh para insinyur dan *human factors specialist*. Namun, metode ini sangat subjektif, sehingga setiap tambahan informasi yang dapat ditemukan tentang *task* (misalnya dari data insiden,

operator, dan lain-lain) juga harus dipertimbangkan dalam analisis (Bell, Julie; Holroyd, Justin ;, 2009).

HEART adalah salah satu metode HRA beberapa yang telah divalidasi secara empiris. Kirwan et al (1997) melaksanakan validasi empiris independen metode HEART dengan dua metode lain (THERP dan JHEDI). Selain itu, Sudah pernah dilakukan studi validasi perbandingan yang melibatkan tiga puluh praktisi HRA yang masing-masing menilai tiga puluh tugas (misalnya HEPs untuk yang nilai-nilai yang dikenal). Sepuluh penilai menerapkan THERP, sepuluh menerapkan HEART dan sepuluh menerapkan JHEDI. Hasil penelitian menunjukkan korelasi yang signifikan dalam setiap kasus. Kirwan (1988) dan Kennedy et al (2000) juga telah menyelesaikan dua studi validasi lainnya dengan hasil yang sama. (Bell, Julie; Holroyd, Justin ;, 2009).

Berikut adalah langkah melakukan perhitungan dengan metode HEART :

1. Tentukan tipe task sesuai tabel HEART *generic task*.
2. Tentukan *error producing conditions*.
3. Tentukan *proportion of effect* yang bernilai antara 0 sampai 1.
4. Hitung *assessed effect* dengan rumus sebagai berikut:

$$AE_i = [(b_i - 1 \times c_i + 1)] \quad (2.1)$$

5. Hitung *Failure probability* dengan rumus sebagai berikut:

$$HEP_j = a \times AE_1 \times AE_2 \times AE_3 \times \dots \times AE_n. \quad (2.2)$$

Poin b dan c ada jika dibutuhkan dan jika tidak terdapat EPCs maka poin b dan c tidak diperlukan sehingga perumusan keandalan menjadi:

$$HEP_j = a.$$

Sehingga tingkat keandalan dapat dihitung dengan rumus:

$$K = HEP_1 + HEP_2 + HEP_3 + \dots + HEP_k. \quad (2.3)$$

Dimana :

Ae_i : besarnya assessed effect pada EPCs ke-i.

HEP_j : besarnya HEP pada tipe task ke-j.

b_i : besarnya nilai nominal pada EPCs ke-i.

i : 1,2,3,4,...,n.

k : 1,2,3,4,...,K.

6. Hitung nilai *human reliability*-nya dengan rumus:

$$\text{Human reliability total} = 1 - (\text{total probability of failure}). \quad (2.4)$$

Tabel 2.1 adalah tabel *Generic Task Types*. Tabel ini digunakan untuk mengkategorikan aktivitas yang sudah diuraikan pada HTA.

Tabel 2.1 *Generic Task Types*

No	Task category	Nominal Human Error Potential
A	Operasi tidak dikenal, dijalankan tanpa tahu konsekuensinya	0,55
B	Operasi merubah suatu sistem tanpa prosedur atau pengawasan	0,26
C	Operasi yang kompleks, membutuhkan skills yang tinggi	0,16
D	Operasi yang mudah, bisa diandalkan keberhasilannya	0,09
E	Operasi rutin, sering dilakukan, sudah terlatih	0,02
F	Operasi merubah suatu sistem dengan proses checking	0,003
G	Operasi sudah dikenal, sering dikerjakan, sudah ada standarnya, sangat terlatih, dilakukan oleh orang pengalaman, mengetahui kesalahan yang mungkin terjadi dengan tersedianya waktu untuk koreksi tanpa bantuan <i>operator</i> khusus	0,0004
H	Operasi sudah otomatis, tetapi masih memerlukan tindakan koreksi dan pengawasan	0,00002

Tabel 2.2 adalah tabel *error producing condition*. Tabel ini mengkategorikan aktivitas berdasarkan kemungkinan *error* beserta nilai maksimum nominal reliability.

Tabel 2.2 Tabel *Error Producing Condition*

NO	Kondisi yang menyebabkan <i>error</i>	Maksimum nominal reliability
1	Tidak mengenal situasi yang mungkin penting dan jarang terjadi	17
2	Kekurangan waktu untuk mendeteksi <i>error</i> dan melakukan perbaikan (terburu-buru)	11
3	Kurang jelasnya tanda bahwa operasi yang dilakukan salah	10
4	Informasi larangan yang kurang jelas	9
5	Tidak tersedianya petunjuk terjadinya kesalahan	8
6	Terjadi ketidaksamaan cara pandang antara <i>operator</i> dengan atasan	8
7	Tidak bisa melakukan tindakan mengulang kembali operasi	8
8	Terjadi kelebihan kapasitas produksi (sibuk)	6
9	Adanya teknik yang benar-benar baru, belum pernah dilakukan	6
10	Dibutuhkannya pengetahuan yang benar benar antar operasi	5,5
11	Ketidaktejelasan standar performansi yang diminta	5
12	Terjadi ketidaksamaan antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan	4
13	Tidak adanya timbal balik atas tindakan yang dilakukan	4
14	Tidak jelasnya konfirmasi bahwa tindakan yang dilakukan tepat	4
15	Kurangnya pengalaman <i>operator</i>	3
16	Kurang jelas informasi yang diberikan antar <i>operator</i>	3
17	Tes atau checking output yang kurang intensif	3
18	Adanya perbedaan antara target sekarang dengan target kedepan	2,5
19	Kurang jelasnya kebenaran hasil tes atau pengecekan	2,5
20	Kurang intensif pelatihan yang diberikan	2

NO	Kondisi yang menyebabkan <i>error</i>	<i>Maksimum nominal reliability</i>
21	Prosedur yang dilakukan berisiko tinggi atau berbahaya	2
22	Kurangnya waktu untuk berlatih	1,8
23	Peralatan kurang mendukung	1,6
24	Membutuhkan pengambilan keputusan yang bergantung pada pengalaman dan kemampuan <i>operator</i>	1,6
25	Tidak jelasnya alokasi tanggung jawab	1,6
26	Tidak tersedianya cara tetap untuk tetap mengawasi jalannya operasi	1,4
27	Besarnya tingkat emosional	1,4
28	moral kerja yang rendah	1,2
29	Ketidaksesuaian prosedur	1,2
30	Faktor lain	1

2.3.3 *Systematic Human error Reduction and Prediction Approach (SHERPA)*

SHERPA adalah kemajuan dalam analisis tugas hirarkis. Dalam proses ini pengumpulan informasi dan wawancara hasil dengan *operator* yang bekerja pada tugas akan dianalisis. Setiap informasi yang dikumpulkan dipisahkan sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan dan kemudian tugas masing-masing secara terpisah dianalisis untuk memahami kesalahan manusia yang akan menyebabkan peristiwa terjadi. Setelah itu dianalisis apakah acara ini berpotensi berbahaya atau kritis. Tidak hanya mengidentifikasi masalah, tetapi juga dilengkapi dengan solusi dan tindakan pencegahan yang akan mengurangi kemungkinan kecelakaan yang terjadi di masa depan. Dalam SHERPA, tujuan ini dicapai dengan penyelidikan mendalam tentang setiap langkah yang mengarah terjadi dari peristiwa tertentu. Kemudian pada setiap langkah prosedur yang benar dan kesalahan manusia yang bisa terjadi semua diidentifikasi. Semua yang terkait dengan peristiwa kemudian lanjut diprediksi dan efeknya pada kejadian di masa depan. Semua kemungkinan gabungan im-pakta kesalahan dipelajari dan dievaluasi apakah mereka penting atau

tidak. Konsekuensi dikategorikan sebagai tinggi (paling sering), menengah (kadang-kadang terjadi), rendah (tidak terjadi tapi mungkin). Memperbaiki setiap kesalahan yang ditemukan dan menyarankan agar kesalahan dapat dikurangi sampai batas maksimum (Imtiaz & Munsi, 2014).

SHERPA menggunakan HTA sebagai input untuk dievaluasi menggunakan SHERPA *error modes* (Lane, et al., 2006). Tabel 2.3 adalah tabel SHERPA *error modes* :

Tabel 2.3 SHERPA *error modes*(Lane, et al., 2006)

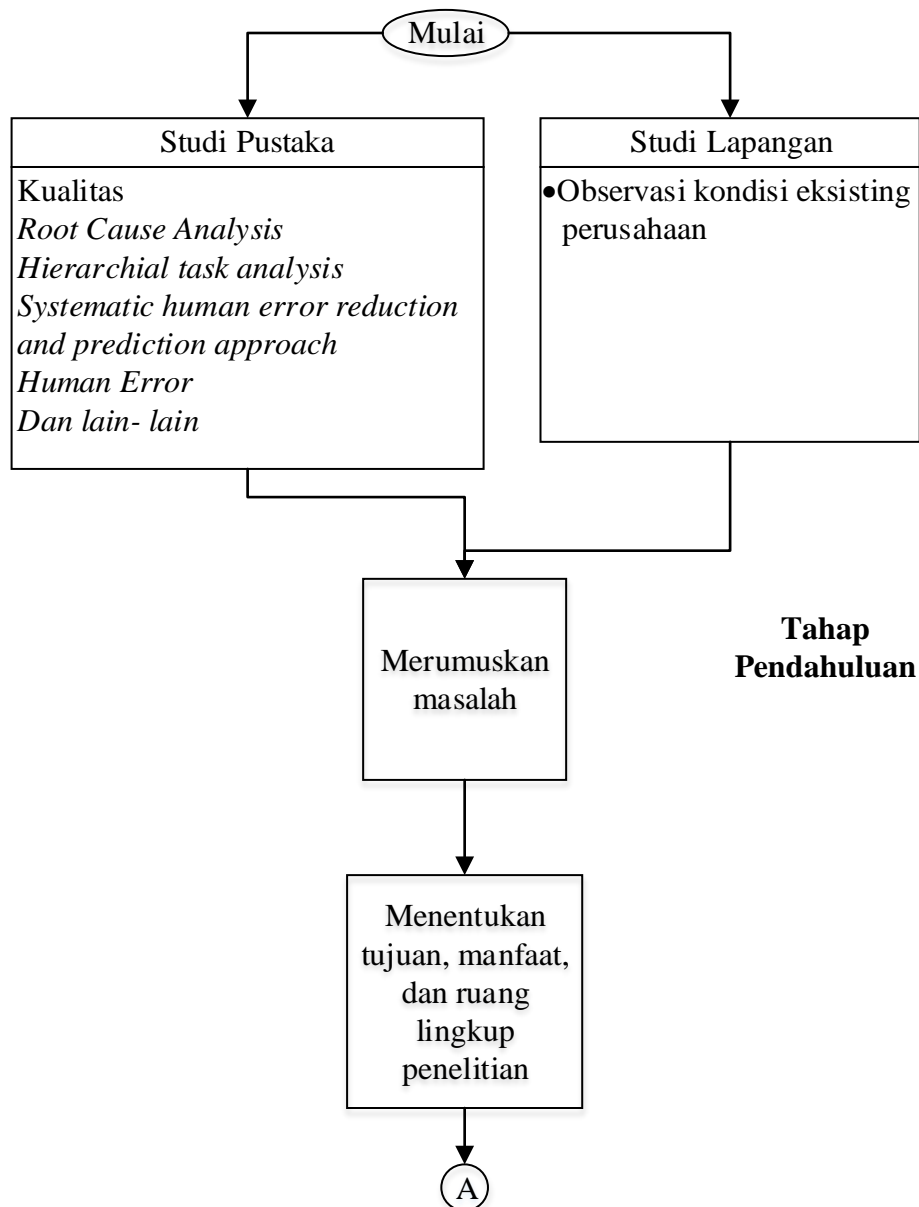
<i>Error type</i>	<i>Code</i>	<i>Error mode</i>
<i>Action errors</i>	<i>A1</i>	<i>Operation too long/short</i>
	<i>A2</i>	<i>Operation mistimed</i>
	<i>A3</i>	<i>Operation in wrong direction</i>
	<i>A4</i>	<i>Operation too little/much</i>
	<i>A5</i>	<i>Misalign</i>
	<i>A6</i>	<i>Right operation on wrong object</i>
	<i>A7</i>	<i>Wrong operation on right object</i>
	<i>A8</i>	<i>Operation omitted</i>
	<i>A9</i>	<i>Operation incomplete</i>
	<i>A10</i>	<i>Wrong operation on wrong object</i>
<i>Checking errors</i>	<i>C1</i>	<i>Check omitted</i>
	<i>C2</i>	<i>Check incomplete</i>
	<i>C3</i>	<i>Right check on wrong object</i>
	<i>C4</i>	<i>Wrong check on right object</i>
	<i>C5</i>	<i>Check mistimed</i>
	<i>C6</i>	<i>Wrong check on wrong object</i>
<i>Retrieval errors</i>	<i>R1</i>	<i>Information not obtained</i>
	<i>R2</i>	<i>Wrong information obtained</i>
	<i>R3</i>	<i>Information retrieval incomplete</i>
<i>Communication errors</i>	<i>I1</i>	<i>Information not communicated</i>
	<i>I2</i>	<i>Wrong information communicated</i>

<i>Error type</i>	<i>Code</i>	<i>Error mode</i>
	<i>I3</i>	<i>Information communication incomplete</i>
<i>Selection errors</i>	<i>S1</i>	<i>Selection omitted</i>
	<i>S2</i>	<i>Wrong selection made</i>

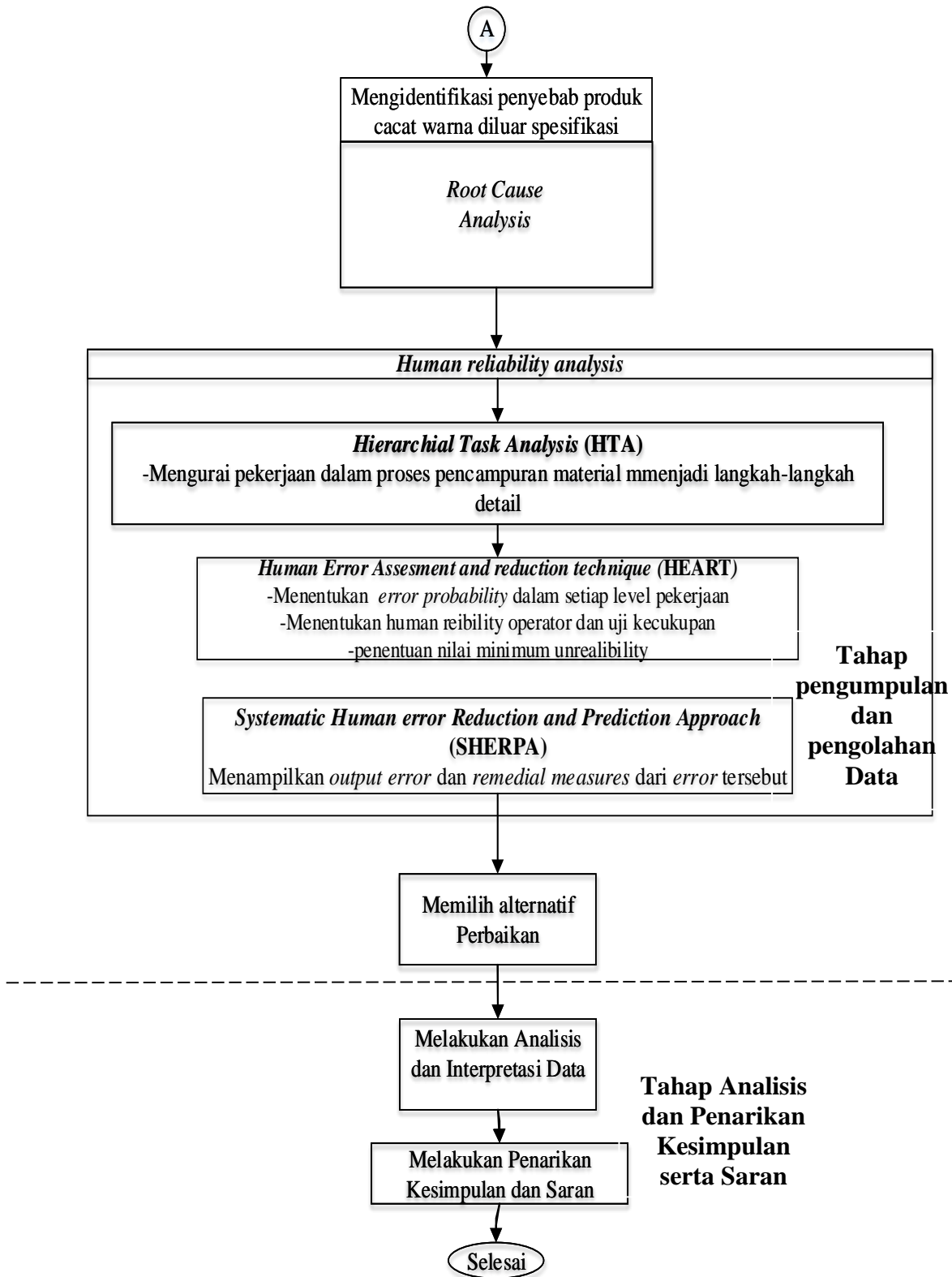
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Bab 3 berisi menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini. Langkah tersebut digambarkan dalam sebuah bagan alur penelitian. Pada Gambar 3.1 akan disajikan tahapan metodologi penelitian:



Gambar 3.1 *Flowchart* Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Pelaksanaan Penelitian (Lanjutan)

3.1 Tahap Pendahuluan

Pada tahap pendahuluan dilakukan studi pustaka dan studi lapangan. Studi literatur yang dilakukan adalah teori tentang dengan kualitas, *root cause analysis*, *human reliability assessment* (HRA), Hierarchial Task Analysis (HTA), *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART) dan *Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach*. Studi lapangan meliputi pengamatan langsung ke lini produksi perusahaan, *brainstorming* dengan *operator*, expert dan pihak manajemen di perusahaan.

3.2 Tahap pengumpulan dan pengolahan data

Untuk mendapatkan pemahaman yang menyeluruh mengenai permasalahan yang terjadi, peneliti turun kelapangan dan *brain storming* dengan *operator*, team leader, kepala expert dan asisten *manager* departemen kualitas. Hasil diskusi tersebut dibuat dalam bentuk *root cause analysis*. Dari diskusi tersebut diperoleh data bahwa *human error* merupakan penyebab cacat warna diluar spesifikasi yang belum pernah diteliti.

Human reliability assessment (HRA) adalah metode digunakan untuk meneliti keandalan *operator* di bagian pencampuran material. Tahap awal *human reliabiliy assessment* pada penelitian ini adalah adalah HTA. Metode ini digunakan untuk menguraikan kegiatan yang ada kedalam level tertentu. Prinsipnya adalah menguraikan aktivitas menjadi lebih detail. Setelah itu, HTA digunakan sebagai input metode HEART untuk menghitung *failure probability*.

Tahap awal metode HEART adalah menentukan tipe task sesuai tabel HEART *generic task*. Setiap *generic task* memiliki nilai *nominal human error potential*. Task yang digunakan adalah *output* dari metode HTA. Selanjutnya, ditentukan *error producing conditions*. Penentuan *error producing conditions* dilakukan dengan cara diskusi dengan *operator* dan pihak manajemen. Hal ini bertujuan untuk mengurangi bias dan kelemahan metode HEART yaitu subjektivitas. Selanjutnya, ditentukan *proportion of effect* yang bernilai antara 0 sampai 1. Setelah itu, dilakukan perhitungan *assessed effect* yang dengan rumus (2.1). Pada tahap akhir, ditentukan *failure probability* menggunakan rumus (2.2). *Failure probability*

yang dapat dihasilkan dari metode HEART akan digunakan sebagai input metode SHERPA. *Failure probability* dapat digunakan untuk mengukur keandalan.

Setelah *failure probability* diperoleh, dilakukan pengumpulan data SHERPA dengan cara diskusi bersama *operator*, *team leader* dan asisten manager kualitas. Diskusi dilakukan untuk menentukan failure mode, tingkat kekritisan aktivitas terhadap defect warna yang ditimbulkan (C). Kemungkinan terjadinya kesalahan (P) diperoleh dari output metode HEART berupa *failure probability*.

Setelah itu, dilakukan pengamatan terhadap penuangan yang dilakukan oleh *operator*. Semua aktivitas yang ada dalam HTA dicatat dengan sistem biner. Bila dilakukan maka diberi nilai 0, bila tidak dilakukan diberi nilai 1. Selain itu, waktu penuangan juga dicatat untuk melihat pengaruh waktu penuangan terhadap delta-e. Output HTA, HEART, SHERPA dan hasil pengamatan kemudian direkap dan dijadikan acuan pemilihan alternatif perbaikan. Aktivitas yang dicari alternatif perbaikannya adalah yang memiliki tingkat kekritisan tinggi, *failure probability* tinggi dan *failure* aktual tinggi.

3.3 Tahap Analisis dan penarikan kesimpulan serta saran

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisis dari setiap keluaran metode yang digunakan serta analisis pemilihan perbaikan. Pada tahap terakhir, akan dilakukan penarikan kesimpulan terhadap penelitian yang telah dilakukan serta pemberian saran yang berguna bagi penelitian selanjutnya.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab 4 berisi data, cara mendapatkan data serta pengolahan data tersebut. Data yang dipaparkan berupa gambaran umum perusahaan, *quality assurance* dalam proses produksi sabun, hasil observasi pengaruh waktu dan urutan pencampuran material terhadap perubahan warna sabun, serta kuantifikasi *human error*.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Pada bagian ini akan dibahas tata letak bangunan perusahaan, proses produksi sabun dan proses pencampuran material sabun.

4.1.1 Tata Letak Bangunan Perusahaan

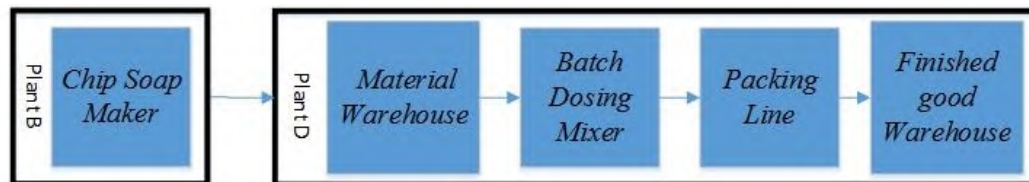
Data tata letak bangunan perusahaan diperoleh dengan bantuan *google maps* dan tinjauan langsung. PT.X terdiri dari 4 bangunan utama. *Plant B* dan *plant D* merupakan tempat untuk memproduksi sabun batang, *plant C* merupakan tempat pengolahan limbah dan *plant A* merupakan tempat memproduksi produk bukan sabun. Bangunan pabrik yang menjadi objek penelitian adalah *plant D*. Gambar 4.1 adalah foto tata letak bangunan perusahaan.



Gambar 4.1 Bangunan utama PT. X (Sumber : maps.google.co.id/pt-x
Skala: 1:2500)

4.1.2 Proses Produksi Sabun

Data proses produksi sabun diperoleh dengan pengamatan langsung dan wawancara dengan *team leader* di lantai produksi. Gambar 4.1.2 adalah gambar alur proses pembuatan sabun pada PT. X :



Gambar 4.2 Alur proses produksi sabun batang

Proses pembuatan sabun dimulai dari departemen *Soap chip Maker* (selanjutnya disebut CSM). *Out put* dari departemen ini adalah *soap chip/noodle*. *Soap chip* adalah bentuk dasar dari sabun.



Gambar 4.3 *Soap Chip*

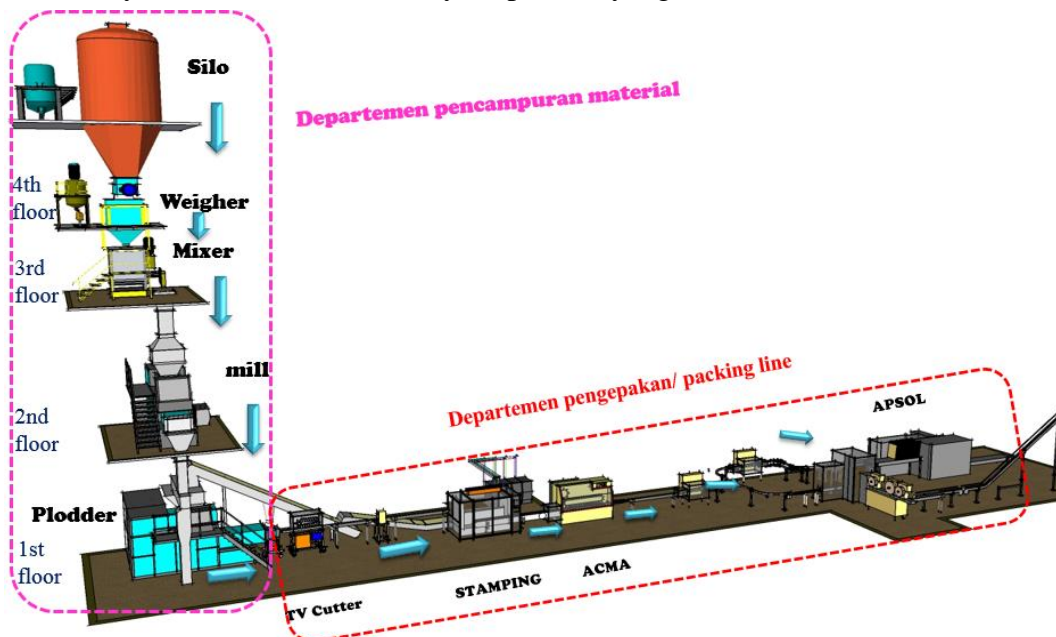
Soap chip adalah hasil dari proses kimiawi berupa saponifikasi. Material ini dikemas dalam karung dengan kapasitas 5 ton lalu dikirim ke *plant D* untuk diproses lebih lanjut. *Soap chip* merupakan input bagi lini pencampuran material dan disimpan di *material warehouse*. Akibat perbedaan lokasi, *soap chip* dari departemen CSM dipindahkan ke departemen pencampuran material menggunakan forklift atau container (lihat gambar 4.1).

Material berupa *soap chip*, *colorant*, *parfum* dan *powder* yang disimpan di *material warehouse* akan dipindahkan menuju area produksi masing-masing. *Soap chip* akan dipindahkan ke lantai empat pabrik, kemudian dituang ke dalam tandon penyimpanan *soap chip*.



Gambar 4.4 *hand stacker forklift*

Colorant, parfum dan *powder* akan dipindahkan ke lantai tiga *plant D* di daerah *mixer* menggunakan *hand stacker forklift*. *Hand stacker forklift* adalah alat transportasi material dan pallet. Untuk mencapai lantai atas, *operator* menggunakan *hoist elevator* sebagai alat transportasi dari lantai dasar menuju lantai atas dan sebaliknya. Gambar 4.5 adalah layout *plant D* yang terdiri dari 4 lantai.



Gambar 4.5 *Layout departemen pencampuran material dan packing line plant D*

Silo adalah wadah penampung *soap chip*, material utama sabun. Silo berada di lini pencampuran material dan mampu menampung *soap chip* sampai dengan 20 ton. Sebuah benda bernama *slider* terletak di dasar silo. *Slider* berfungsi untuk membuka/tutup jalur keluar *soap chip* menuju mesin penimbang.



Gambar 4.6. Storage silo (ilustrasi)
(sumber : <http://www.indiamart.com/sudhir-bros/>)

Jika dilakukan penimbangan material, maka *slider* akan bergeser otomatis agar material dari silo akan turun ke mesin penimbang. *Slider* akan kembali pada posisi menutup bila material yang keluar dari silo sesuai berat material yang diinginkan. Proses pertama adalah penimbangan material di mesin penimbang otomatis.



Gambar 4.7. *Automated Weighing machine* (ilustrasi)
(sumber : <http://pimg.tradeindia.com/Automatic-Weighing-Machine-1-Kg-to-5-Kg-.jpg>)

Proses selanjutnya adalah pencampuran material yang sudah ditimbang di mesin *mixer* otomatis. Untuk menambah nilai jual sabun, *soap chip* diberi material tambahan berupa *colorant*, pewangi dan 2 komponen lain berbentuk tepung. Material tambahan dicampur dengan cara dituang secara manual ke mesin *mixer*. Urutan pencampurannya adalah tepung terlebih dahulu, kemudian perwarna dan pemberian parfum pada tahap akhir.



Gambar 4.8. *Soap chip mixing machine* (ilustrasi)

(sumber : <http://www.newindiaengineeringworks.in/detergent-powder-mixer.htm>)

Masing-masing material memiliki waktu penuangan yang berbeda dan urutan penuangan yang berbeda. Setelah proses pencampuran di *mixer* selesai, campuran akan didorong keluar dari mesin *mixer*. Proses ini menggunakan kombinasi komponen *extruder* dalam mesin *mixer* dan *blade* pemotong campuran sabun. Campuran akan diarahkan melewati saluran yang ujungnya memiliki banyak lubang bulat. *Output mixer* akan di potong oleh blade tepat setelah campuran melewati lubang tersebut.

Material yang telah dipotong blade akan melewati proses penggilingan di mesin mill. Kemudian, dilakukan proses pemadatan di mesin plodder. Setelah itu, sabun dikeluarkan melalui lubang di mesin plodder yang disebut conical head. Sabun yang keluar dari conical head akan mengikuti bentuk conical head yaitu balok persegi panjang.

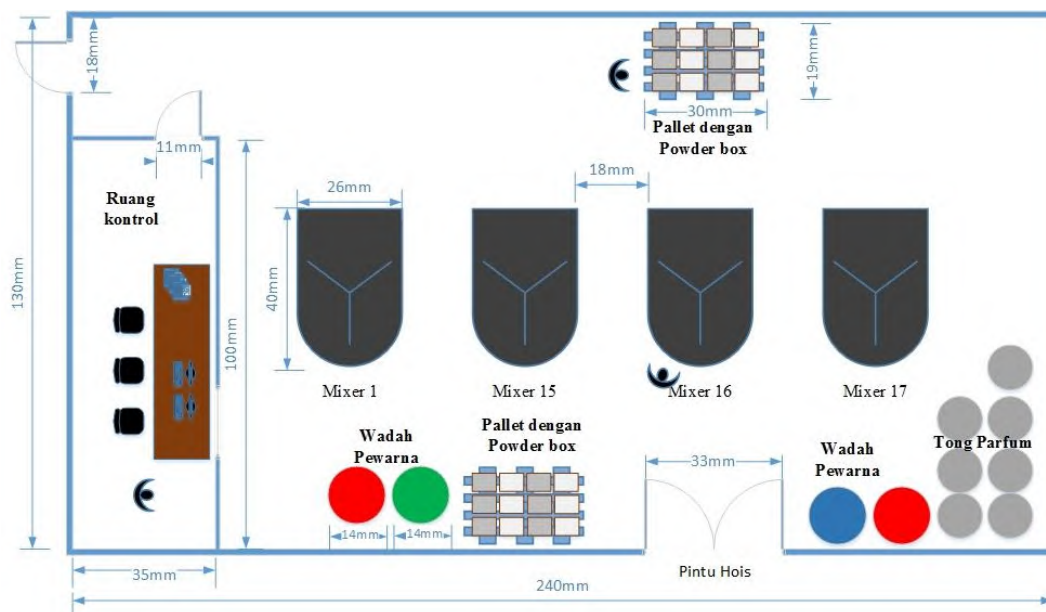
Sabun dalam bentuk *continuous* melewati proses pemotongan sabun menggunakan mesin pemotong bermerek TV cutter. pembentukan sabun menggunakan mesin *stamping*, pembungkusan tablet menggunakan mesin pembungkus bernama ACMA dan memasukkan sabun yang telah dibungkus ke

dalam karton menggunakan mesin APSOL (*Automated Packing Solution*), lalu penyimpanan di finished goods warehouse.

Prinsip perpindahan benda dari Silo sampai plodder adalah kombinasi mesin dan gravitasi, sedangkan perpindahan benda sejak berada di mesin TV Cutter menggunakan konveyor. Perpindahan benda dari *packing line* menuju finished good warehouse juga menggunakan konveyor.

4.1.3 Proses Pencampuran Material Sabun

Lini pencampuran material sabun PT. X terdiri dari 4 *production line*. *Production line* yang diteliti adalah *production line* dengan nomor 17.



Gambar 4.9. Lini pencampuran material (*BDM*)(skala 1:100)

Dalam satu shift, ada tiga *operator* yang bertugas untuk menjalankan proses pencampuran pada departemen pencampuran material. Tiga *operator* ini bertanggung jawab terhadap empat lini produksi yang ada. Proses pencampuran di *mixer* 1 sudah otomatis, *operator* hanya perlu mengatur waktu pemrosesan dan berat material dari komputer di ruang kontrol. Proses pencampuran di tiga *mixer* lainnya masih manual. *Operator* perlu menuang material tambahan secara manual dan mengatur waktu pemrosesan serta berat material dari monitor mesin *mixer*.

Terdapat lampu peringatan pada setiap mesin *mixer*. Ada 3 warna yang berbeda dalam satu lampu yaitu merah, kuning, hijau. Bila semua lampu padam,

artinya *mixer* sudah selesai melakukan proses pencampuran dan sudah dalam kondisi kosong, siap untuk melakukan proses pencampuran *batch* selanjutnya.

Sesuai dengan *manufacturing specification* dan standar operasional perusahaan yang ada di area kerja, berikut adalah urutan pencampuran material secara umum:

1. Rilis *soap chip* sebanyak x kilogram kedalam *mixer*, proses selama tiga menit.
2. Masukkan material *colorant* sebanyak a liter, proses selama empat menit.
(Aduk wadah penampungan *colorant* sebelum memasukkan ke wadah penuangan)
3. Tuangkan *powder* yang sudah tersedia di dalam kotak kedalam *mixer*, proses selama 4 menit.
4. Tuangkan parfum sebanyak b liter kedalam *mixer*, proses selama 1,5 menit.

Empat langkah ini harus dilakukan secara berurutan dan tepat waktu. Tidak ada batas toleransi keterlambatan waktu penuangan pada *manufacturing specification* maupun *working instruction*. Material yang masuk ke area pencampuran material adalah material yang sudah lolos uji kualitas di departemen CSM.

4.1.4 Quality control dalam Proses Produksi Sabun

Berdasarkan wawancara dengan kepala departemen kualitas plant D, terdapat kegiatan *quality control* yang dilakukan dalam proses produksi sabun. Berikut adalah yang terdiri dari 3 bagian :

1. Kontrol *soap chip*.

Soap chip memiliki spesifikasi dan harus diperiksa untuk memastikan bahwa bahan tersebut sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Berikut adalah atribut-atribut yang diukur dari *soap chip* yaitu *color*, *odor*, *active Component*, FFA, pH dan kadar air. Masing-masing atribut memiliki standar tertentu dan diperiksa setiap satu jam sekali.

2. Kontrol Proses Produksi Sabun.

Dokumen *hazard* (bahaya) berupa pemetaan resiko *safety* dan *quality* yang berhubungan dengan proses produksi dapat ditemukan di papan pengumuman, mesin, tangga, meja kerja *operator*, dan tempat beresiko lain. Poster yang meningkatkan kesadaran akan *safety* dan *quality* dapat dilihat dengan mudah di area yang beresiko.

Faktor-faktor mutu produk *critical control point* (titik kendali kritis) ditetapkan dan diawasi. Faktor-faktor tersebut antara lain *anion active*, *colour*, *sandiness*, pH, *Free Fatty Acid*(FFA), *Moisture Content* dan *customer relevant quality standart* (CRQS). Laporan di-update setiap minggu dan di tempel dipapan pengumuman. Ada kebijakan untuk menghentikan mesin atau proses produksi bila ditemukan produk cacat diluar batas spesifikasi saat pemeriksaan produk. Pemeriksaan yang dilakukan oleh *operator packing line* ini bernama *customer relevant quality standart assessment* (selanjutnya disebut CRQS).

CRQS adalah metode pemeriksaan dengan mengambil 12 sampel produk sabun secara acak. Produk yang diambil adalah sabun yang sudah melewati proses pengemasan. Ada tiga tingkatan produk dalam CRQS. Produk jenis pertama adalah red, yaitu produk yang memiliki kategori cacat paling tinggi. Saat ditemukan produk yang memiliki cacat jenis ini, proses harus langsung dihentikan dan dicari sumber masalahnya. Produk jenis kedua ini disebut *amber*. Saat ditemukan produk dengan cacat jenis ini dan cacatnya ditemukan selama tiga kali pemeriksaan berturut-turut, proses harus diberhentikan dan dicari sumber masalahnya. Produk jenis ketiga disebut *green*, dimana produk ini bebas dari cacat. Pemeriksaan CRQS dilakukan setiap satu jam. Semua hasil pemeriksaan didokumentasikan dalam *log-book*. Khusus untuk laporan berat sabun dilakukan *on-line*. Indikator yang menentukan kualitas sabun versi CRQS adalah kondisi tablet sabun, dan kondisi kemasannya.

Ada beberapa *detector* pada lini produksi, yaitu sebagai berikut:

1. *Metal Detector*

Benda ini berfungsi untuk mendeteksi produk yang memiliki kandungan metal. Bila ditemukan produk yang mengandung *metal*, alat akan memisahkan produk tersebut secara otomatis. Ada dua metal detektor pada setiap lini produksi.

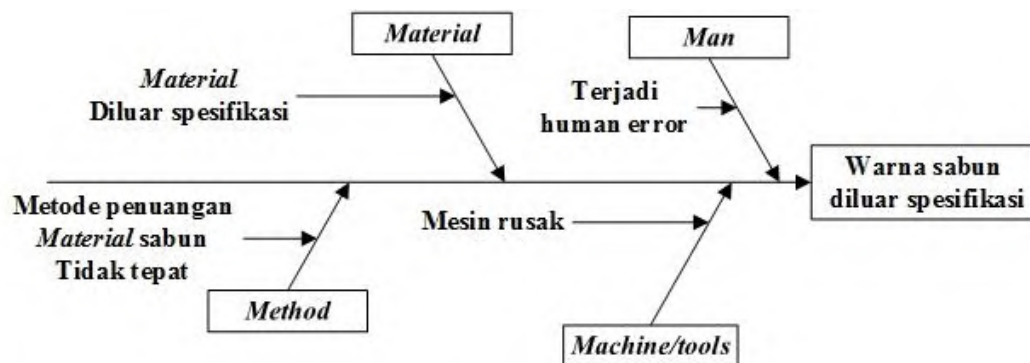
Metal detector pertama terpasang pada konveyor sebelum mesin ACMA atau sebelum proses pencetakan sabun. Metal detector kedua terpasang pada konveyor setelah mesin ACMA atau setelah proses pemasangan kemasan sabun.

2. Appearance Detector

Alat ini berfungsi untuk memisahkan produk dengan bentuk sabun cacat atau logo cacat secara otomatis. Bila ada produk dengan bentuk yang tidak sesuai spesifikasi atau memiliki cetakan logo yang cacat, maka alat ini akan secara otomatis mengeluarkan angin pendorong untuk mengeluarkan produk tersebut dari konveyor yang sedang bergerak.

4.2 Identifikasi Penyebab Warna Sabun diluar Spesifikasi

Pada bagian ini akan dibahas penyebab warna sabun diluar spesifikasi. Pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara kepada *operator* dan *expert* dari departemen kualitas.



Gambar 4.10 Fishbone penyebab warna sabun diluar spesifikasi

Gambar 4.10 merupakan penyebab warna sabun diluar spesifikasi. Material (*colorant*) yang diluar spesifikasi dapat menyebabkan warna sabun diluar spesifikasi. Namun, material pewarna dan material lain yang masuk ke area pencampuran material merupakan material yang sudah lolos uji spesifikasi oleh departemen kualitas. Metode penuangan yang salah dapat menghasilkan sabun yang warnanya diluar spesifikasi. Namun, metode yang ada di *manufacturing specification* merupakan *best practice*. Tidak ada yang salah pada metode penuangan saat ini. Penuangan yang tidak mengikuti metode yang sudah ditentukan akan meningkatkan probabilitas warna sabun diluar spesifikasi. Mesin yang ada pada line 17 departemen pancampuran material masih baru dan berada dalam

kondisi prima. Hal ini dikonfirmasi oleh pihak departemen engineering. Manusia dapat menyebabkan warna diluar spesifikasi. Belum pernah ada penelitian mengenai *human error* yang terjadi pada proses penuangan material di perusahaan. Bila *operator* melakukan penuangan tidak sesuai dengan *manufacturing specification* yang ada, maka ada kemungkinan warna sabun diluar spesifikasi. Untuk memperoleh data mengenai *human error* ini, peneliti mengamati secara langsung selama 3 minggu. Penelitian dilakukan pada shift pagi. Untuk melihat hubungan antara waktu dan penuangan urutan terhadap perubahan warna yang terjadi, peneliti mengukur output setiap proses pencampuran yang dilakukan.

4.2.1 Hasil Pengamatan Waktu penuangan dan Pengukuran Warna Sabun

Bagian ini berisi data waktu penuangan material sabun dan pengukuran warna sabun. Pengambilan data dilakukan dengan pengamatan langsung selama satu bulan. Selama penelitian, peneliti mengikuti *operator* saat melakukan penuangan dan mencatat waktu penuangan yang dilakukan jam 07.30-15.00.



Gambar 4.11 Alat pengukur warna sabun

Tigapuluh menit setelah melakukan proses pencampuran, peneliti akan turun dari lantai tiga menuju lantai dasar atau *packing line* untuk mengambil sampel hasil pencampuran. Tiga puluh menit adalah waktu yang tepat untuk mengambil sampel pencampuran. Karena dalam kondisi ideal, campuran membutuhkan waktu 30 menit untuk bisa mencapai *packing line*. Pada akhir *shift*, peneliti akan membawa sampel tersebut menuju laboratorium untuk diukur delta-nya dan dilihat kondisi *visual*-nya.

Sebelum melakukan penelitian, peneliti mendapat training tentang cara penggunaan alat pengukur warna sabun di perusahaan oleh tim departemen kualitas. Pengukuran delta warna menggunakan *colour meter* dengan merek minolta. Pengukuran dilakukan dengan menembakan alat pengukur warna dipermukaan sabun. Permukaan sabun yang ditembak haruslah rata. Penembakan dilakukan tiga kali untuk satu sabun. Ketiga nilai tersebut kemudian dirata-ratakan dan menjadi delta untuk sebuah sabun. Tabel 4.1 adalah hasil pengukuran yang ditampilkan dalam bentuk tabel dengan membagi kedalam beberapa kelompok yaitu :

1. Lama proses pencampuran chip.
2. Lama proses pencampuran powder (setelah pencampuran chip dan sebelum penuangan *colorant*).
3. Lama proses pencampuran *colorant* (setelah pencampuran powder dan sebelum penuangan parfum).
4. Lama proses pencampuran parfum (setelah penuangan *colorant*).

Raw data untuk waktu penuangandan delta e terdapat pada di lampiran 1.

Tabel 4.1 Hasil pencatatan waktu penuangan material dan pengukuran warna

Chip (menit)	Powder (menit)	Colorant (menit)	Parfum (menit)	Keterangan
Standar : 3 menit.	Standar : selama 4 menit. Dituang setelah chip selesai diproses.	Standar : selama 4 menit. Dituang setelah powder selesai diproses.	Standar : selama 1,5 menit. Dituang setelah colorant selesai diproses.	Standar: Delta e < 3
singkat (0 s/d 2,67)	Terbalik (-0,17)	singkat(1,08)	lama(9,25)	delta e masuk standar 1,6 (bintik)
	singkat (0,08 s/d 3)	terbalik(-0,17 s/d - 0,83)	lama (8,83-11,5)	delta e masuk standar (2,2 s/d 2,89) (bintik)
		singkat (0,15 s/s 3,5)	lama (6 s/s 10,52)	delta e uncertain(1,48 s/d 3,64)
		lama (4,83 s/d 10,92)	singkat (0 s/d 0,83)	delta e masuk standar (2,05 s/d 2,89)
			tepat (1,50 s/d 1,67)	delta e uncertain (1,45 s/d 4,38)
			lama (2,33 s/d 5,83)	delta e uncertain (1,88 s/d 4,45)
pas(3 menit)	kurang (0,08 s/d 0,17)	lama(7,75)	singkat (1,17)	delta e masuk standar (0,85 s/d 2,93)
		singkat (1,5)	lama(7)	
Lama (5 s/d 5,42)	singkat (0,65 s/d 0,83)	singkat (3,17 s/d 3,53)	tepat (1,67)	delta e masuk standar (1,77 s/d 2,94)
		tepat (3,98 s/d 4)		
		lama (5)		

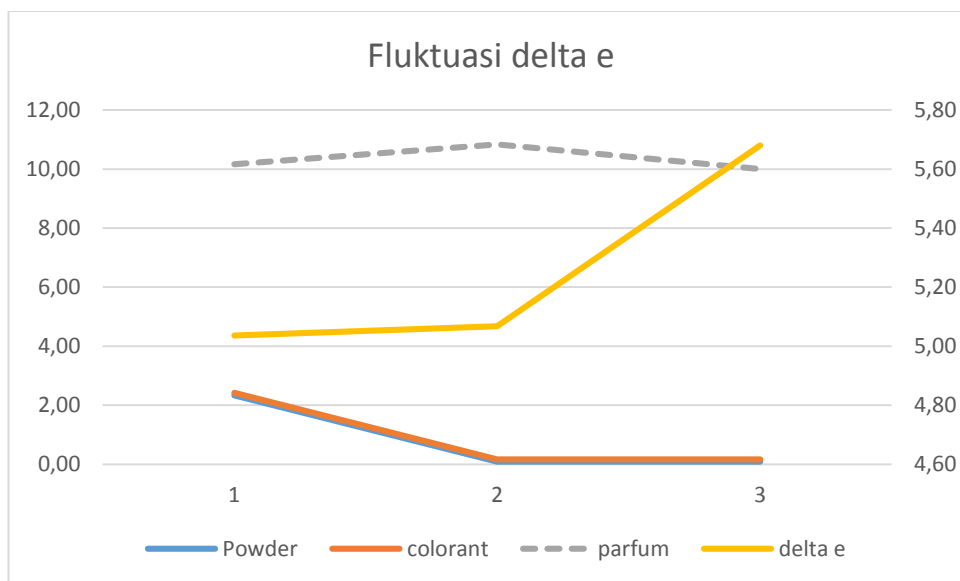
Untuk melihat hubungan antara waktu pencampuran *powder*, *colorant* dan parfum terhadap perubahan warna (delta e), data waktu dan delta e kemudian diuji dengan menggunakan regresi linier berganda di *software* Excel. Regresi linier berganda mampu melihat hubungan beberapa variabel sekaligus. Metode ini tepat sekali digunakan untuk melihat hubungan pengaruh waktu penuangan soap chip, *colorant*, *powder* dan parfum terhadap delta e yang terjadi. Berikut adalah rangkuman hasil pengolahan data waktu dan delta E :

Tabel 4.2 Hasil pengolahan data waktu penuangan dan delta e.

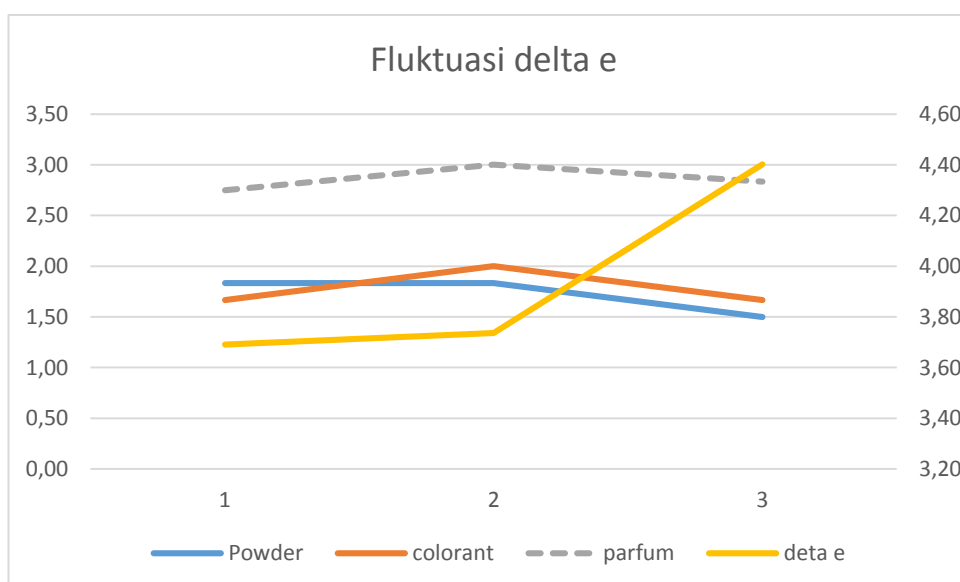
SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0,299							
R Square	0,089							
Adjusted R Square	0,039							
Standard Error	0,778							
Observations	58							
ANOVA								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	3	3,20	1,07	1,76	0,17			
Residual	54	32,73	0,61					
Total	57	35,93						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P- value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	1,19	0,70	1,70	0,10	-0,21	2,59	-0,21	2,59
X Variable 1	0,06	0,09	0,64	0,52	-0,12	0,23	-0,12	0,23
X Variable 2	0,09	0,07	1,28	0,21	-0,05	0,23	-0,05	0,23
X Variable 3	-0,01	0,03	-0,47	0,64	-0,08	0,05	-0,08	0,05

Dari tabel 4.2, dapat dilihat bahwa r-square yang diperoleh tergolong kecil yaitu 0,089. Hal ini berarti hubungan antara waktu penuangan material (soap chip, *powder*, *colorant* dan parfum) terhadap delta-e (perubahan warna) adalah kecil. *Standar error* yang didapatkan juga sangat besar yaitu 0,778. *Standar error* mencerminkan keakuratan sample yang kita pilih terhadap populasinya. Standard eror yang kecil mengindikasikan bahwa sample cukup mewakili populasi yang sedang diteliti dan sebaliknya.

Berdasarkan data primer (lampiran 1), waktu penuangan dan warna, dibuat pengaruh waktu penuangan terhadap warna. Pengaruh waktu penuangan terhadap perubahan warna (delta e) dapat dilihat pada gambar 4.12 dan 4.13 Grafik yang berwarna kuning pada kedua gambar gambar 4.12 dan 4.13 menunjukkan perubahan warna dan menggunakan satuan pada sumbu delta e.



Gambar 4.12 Fluktuasi delta e terhadap waktu penuangan *powder* dan *colorant*



Gambar 4.13. Fluktuasi delta e terhadap waktu penuangan *powder* dan *colorant*

Grafik berwarna orange, biru dan abu-abu pada gambar 4.12 dan 4.13 menggunakan satuan menit pada sumbu waktu penuangan. Pengaruh parfum dianggap tidak signifikan karena penuangannya berada pada waktu yang tidak berbeda jauh. Sehingga pengaruh yang diamati adalah waktu penuangan *powder* dan *colorant* terhadap perubahan warna. Pengaruh tersebut didapat dengan mengumpulkan data waktu penuangan dan delta yang dihasilkan setiap proses tersebut. Ada 3 data yang dibandingkan pada pengamatan ini. Ketiga data ini berada pada kondisi yang sama namun waktu penuangan *powder* dan *colorant*nya berbeda. Dengan demikian, dapat diamati pengaruh waktu penuangan *powder* dan *colorant* terhadap perubahan *colorant*.

Tabel 4.3 dan 4.4 memaparkan pengaruh penuangan parfum terhadap perubahan warna yang terjadi pada output. Dari kedua tabel yang ada, dapat dilihat bahwa penuangan parfum yang terlalu dini menyebabkan warna sabun menjadi pucat dan delta e nya menjadi lebih kecil dibandingkan penuangan parfum sesuai standar.

Tabel 4.3 waktu penuangan material 9 Mei 2016

Pengambilan ke-	<i>Powder</i> Detik ke	<i>Colorant</i> Detik ke	Parfum Detik ke	Total <i>mixing</i> time	Keterangan
3	110	120	180	720	Pucat
4	60	80	89	720	Pucat
5	90	100	170	720	Pucat
7	140	145	610	700	ok
8	5	10	650	700	ok
9	5	10	600	700	ok

Tabel 4.3 merupakan waktu penuangan material tambahan. Pada pengambilan ke 3,4 dan 5 dapat kita lihat bahwa material parfum dituang dekat dengan waktu penuangan *colorant*. Seharusnya penuangan parfum dilakukan pada akhir proses, sekitar detik 600. Proses ini diluar prosedur dan *manufacturing specification* yang ada. Data ini didapatkan dengan mengamati proses penuangan yang dilakukan oleh operator departemen pencampuran material dan mencatat waktu penuangan setiap material yang dilakukan.

Tabel 4.4 Delta e output produksi 9 Mei 2016

Pengambilan ke-	Delta E									Keterangan
	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6	Sample 7	Sample 8	Average	
3	3,71	4,15	3,52	3,9	3,57	3,48	3,56	3,64	3,69	Pucat
4	3,68	3,35	3,47	3,72	3,81	3,01	4,15	4,07	3,66	Pucat
5	4,23	4,33	4,75	4,59	3,85	4,02	3,97	5,47	4,40	Pucat
7	5,08	4,71	5,54	5,58	5,89	4,41	4,89	4,19	5,04	Ok
8	5,05	4,71	5,08	5,7	5,2	4,75	5,34	4,71	5,07	Ok
9	5,81	5,97	5,53	6,02	5,52	5,53	5,64	5,42	5,68	Ok

Tabel 4.4 adalah penyimpangan warna yang terjadi (delta e). Pengukuran warna sabun dilakukan dengan alat bantu *colour meter*. Sebelum melakukan pengukuran warna, peneliti mendapat training mengenai penggunaan alat pengukur warna tersebut. Tabel 4.3 dan tabel 4. 4 ditampilkan untuk menunjukkan bahwa sabun akan berwarna merah pudar bila penuangan parfum dilakukan tidak ditengah proses pencampuran. Parfum adalah material yang dituang paling terakhir pada urutan proses pencampuran. Melakukan proses pencampuran dengan tidak menuruti spesifikasi akan menyebabkan kondisi sabun menjadi tidak standar.

4.3 Human Reliability Assessment

Bagian ini berisi data *hierarchial task analysis* (HTA), *human error probability* (HEP), *human error assessment and reduction technique* (HEART), *operator reliability*, uji kecukupan data dan *systematic human error reduction and prediction approach* (SHERPA).

4.3.1 Hierarchial task Analysis (HTA)

Hierarchial task Analysis dilakukan dengan cara menguraikan pekerjaan kedalam level tertentu. Proses pencampuran material pada lini pencampuran material atau *batch dosing mixer* (BDM) akan sudah cukup detail sehingga penguraian aktivitas yang dilakukan tidak terlalu panjang.

Tabel 4.4 Tabel HTA proses pencampuran material

<i>Hierarchical Task Analysis (HTA)</i> proses pencampuran material		
	1	Mempersiapkan <i>powder</i>
	1.1	Memindahkan <i>powder</i> 1 kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>
	1.2	Memindahkan <i>powder</i> 2 kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>
	2	Mempersiapkan <i>colorant</i>
	2.1	Mengaduk cairan <i>colorant</i> di wadah penampung warna
	2.2	Mengisi wadah penuangan dari wadah penampung sebanyak a liter
	2.3	Membawa wadah berisi <i>colorant</i> kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>
	3	Mempersiapkan parfum
	3.1	Mengisi wadah penuangan parfum dari drum berisi parfum sebanyak b liter
	3.2	Membawa wadah berisi parfum kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>
	4	Mempersiapkan material <i>chip</i>
	4.1	Meng- <i>input</i> berat material <i>chip</i> yang akan di campurkan pada monitor <i>touch screen</i> mesin <i>Mixer</i>
	4.2	Menekan tombol <i>slide to weighter</i> untuk memasukkan material dari silo ke <i>weighter</i>
	5	Memasukkan material <i>chip</i> ke mesin <i>Mixer</i>
	5.1	Memastikan lampu indikator padam (siap untuk pencampuran selanjutnya)
	5.2	Meng- <i>input</i> <i>mixing time</i> pada <i>monitor touch screen</i> mesin <i>Mixer</i>
	5.3	Menekan tombol " <i>slide to mixer</i> " untuk merilis material dari <i>weighter</i> menuju <i>Mixer</i>
	6	Melakukan proses pencampuran
	6.1	Menekan tombol " <i>start</i> " untuk memulai proses pencampuran
	6.2	Membiarkan selama 3 menit untuk pencampuran <i>chip</i> (tidak memasukkan material lain)
	6.3	Menuangkan material <i>powder</i> pada menit ke 3 kedalam <i>Mixer</i>

Tabel 4.4 Tabel HTA proses pencampuran material(lanjutan)

<i>Hierarchical Task Analysis (HTA)</i> proses pencampuran material		
	6.4	Menuangkan material berwarna pada menit ke 7 kedalam <i>Mixer</i>
	6.5	Menuangkan material parfum pada menit ke 11 kedalam <i>Mixer</i>
	7	Mengisi <i>check sheet</i> pencampuran material
	8	Berkomunikasi aktif dengan <i>operator packing line</i> untuk mengetahui kondisi <i>output</i>

Tabel 4.4 adalah uraian lengkap kegiatan pencampuran material. Tabel ini disusun berdasarkan hasil pengamatan langsung, SOP, *manufacturing specification* dan penjelasan dari *operator* yang melakukan proses pencampuran material. HTA menjadi input untuk HEART dan SHERPA.

4.3.2 Human error Probability (HEP)

Human error probability dikembangkan setelah aktivitas pada lini pencampuran selesai diuraikan. HEP adalah kemungkinan kesalahan yang terjadi saat melakukan sebuah aktivitas tertentu. HEP ini didapat dari hasil pengamatan lapangan serta diskusi dengan *operator* yang melakukan kegiatan pencampuran material. Tabel 4.5 berikut ini adalah uraian dari kemungkinan kesalahan yang bisa terjadi dari aktivitas pencampuran material sabun.

Tabel 4.5. *Human error Probability*

NO	Task	<i>Stopping Rule</i>	<i>Human error Probability (HEP)</i>
1	1.1	Memindahkan <i>powder</i> 1 kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	Tidak memindahkan <i>powder</i> 1 kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>
2	1.2	Memindahkan <i>powder</i> 2 kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	Tidak memindahkan <i>powder</i> 2 kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>
3	2.1	Mengaduk cairan <i>colorant</i> di wadah penampung warna	Tidak mengaduk cairan <i>colorant</i> di wadah penampung warna
4	2.2	Mengisi wadah penuangan dari wadah penampung sebanyak a liter	Mengisi wadah penuangan dari wadah penampung sebanyak kurang atau lebih dari a liter

NO	Task	<i>Stopping Rule</i>	<i>Human error Probability (HEP)</i>
5	2.3	Membawa wadah berisi <i>colorant</i> kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	Tidak membawa wadah berisi <i>colorant</i> kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>
6	3.1	Mengisi wadah penuangan parfum dari drum berisi parfum sebanyak b liter	Mengisi wadah penuangan parfum dari drum berisi parfum kurang atau lebih dari b liter
7	3.2	Membawa wadah berisi parfum kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	Tidak membawa wadah berisi parfum kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>
8	4.1	Meng- <i>input</i> berat material <i>chip</i> yang akan di campurkan pada monitor <i>touch screen</i> mesin <i>Mixer</i>	Salah meng- <i>input</i> berat material <i>chip</i> yang akan di campurkan pada monitor <i>touch screen</i> mesin <i>Mixer</i>
9	4.2	Menekan tombol <i>slide to weighter</i> untuk memasukkan material dari silo ke <i>weighter</i>	Tidak menekan tombol <i>slide to weighter</i> untuk memasukkan material dari silo ke <i>weighter</i>
10	5.1	Menunggu hingga lampu indikator padam (menyatakan siap untuk melakukan pencampuran lagi)	Tidak melihat lampu indikator padam (menyatakan siap untuk melakukan pencampuran lagi)
11	5.2	Meng- <i>input</i> <i>mixing time</i> pada monitor <i>touch screen</i> mesin <i>Mixer</i>	Salah meng- <i>input</i> <i>mixing time</i> pada monitor <i>touch screen</i> mesin <i>Mixer</i>
12	5.3	Menekan tombol " <i>slide to mixer</i> " untuk merilis material dari <i>weighter</i> menuju <i>Mixer</i>	Tidak menekan tombol " <i>slide to mixer</i> " untuk merilis material dari <i>weighter</i> menuju <i>Mixer</i>
13	6.1	Menekan tombol " <i>start</i> " untuk memulai proses pencampuran	Tidak menekan tombol " <i>start</i> " untuk memulai proses pencampuran
14	6.2	Membiarkan selama 3 menit untuk pencampuran chip (tidak memasukkan material lain)	Memasukkan material lain sebelum atau setelah 3 menit proses pencampuran
15	6.3	Menuangkan material <i>powder</i> pada menit ke 3 kedalam <i>Mixer</i>	Menuangkan material <i>powder</i> sebelum atau sesudah menit ke 3 kedalam <i>Mixer</i>
16	6.4	Menuangkan material perwarna pada menit ke 7 kedalam <i>Mixer</i>	Menuangkan material perwarna sebelum atau sesudah menit ke 7 kedalam <i>Mixer</i>
17	6.5	Menuangkan material parfum pada menit ke 11 kedalam <i>Mixer</i>	Menuangkan material parfum sebelum atau sesudah menit ke 11 kedalam <i>Mixer</i>

NO	Task	Stopping Rule	Human error Probability (HEP)
18	7	Mengisi <i>check sheet</i> pencampuran material	Tidak mengisi <i>check sheet</i> pencampuran material
19	8	Berkomunikasi aktif dengan <i>operator packing line</i> untuk mengetahui kondisi <i>output</i>	Tidak berkomunikasi aktif dengan <i>operator packing line</i> untuk mengetahui kondisi <i>output</i>

Tabel 4.5 adalah salah satu langkah melakukan metode HEART. *Stopping Rule* adalah nama lain dari *task step* dalam metode HEART. Tabel ini diperoleh dengan cara berdiskusi dengan operator dan contoh pada laporan penelitian human *reliability assessment* (Bell, Julie; Holroyd, Justin ;, 2009).

4.3.3 Human error Assessment and reduction Technique (HEART)

HEART adalah metode yang digunakan untuk mengkuantifikasi *human error*. Untuk mengisi kolom-kolom pada tabel 4.6, dilakukan diskusi terhadap *operator* dan asisten manager kualitas. Berikut adalah langkah untuk melakukan metode ini:

1. Penentuan *Task Category*, *Error Producing Condition* (EPC) dan *Proportion*

Berikut adalah hasil pengumpulan data untuk menemukan nilai kemungkinan *error* setiap aktivitas. *Task category* adalah kategori aktivitas pencampuran material yang sudah ada dalam tabel generic task types. EPC merupakan faktor yang membuat aktivitas menjadi *error* atau tidak sesuai standar. Penentuan EPC, *task category* dan *assessed proportion*(P) adalah hasil pengamatan dan diskusi dengan *operator* serta *asisten manager* kualitas. Nilai *nominal human unreliability*(NHU) adalah kuantifikasi *task category* (TC) (Lihat tabel 2.1). *Multipilier*(M) adalah *Maximum nominal reliability* yang merupakan bentuk kuantitatif dari EPC. Bila *task* memiliki lebih dari satu EPC, maka *multiplier*, *assessed effect* dan *assessed proportion* yang dimiliki juga lebih dari satu. Tabel 4.6 adalah rekap hasil pengumpulan data untuk menghitung *failure probability* .

Tabel 4.6 Penentuan Task Category, EPC, *assessed proportion*

NO	Task	TC	NHU	EPC	M	M2	Pr	Pr 2
1	1.1	G	0,0004	29	1,2	0	0	0,00000

NO	Task	TC	NHU	EPC	M	M2	Pr	Pr 2
2	1.2	G	0,0004	29	1,2	0	0	0,00000
3	2.1	G	0,0004	29	1,2	0	0,4	0,00000
4	2.2	G	0,0004	23	1,6	0	0	0,00000
5	2.3	G	0,0004	29	1,2	0	0	0,00000
6	3.1	G	0,0004	23	1,6	0	0	0,00000
7	3.2	G	0,0004	29	1,2	0	0	0,00000
8	4.1	G	0,0004	12 & 29	4	1,2	0	0,00000
9	4.2	G	0,0004	29	1,2	0	0	0,00000
10	5.1	G	0,0004	26	1,4	0	0,5	0,00000
11	5.2	G	0,0004	12	4	0	0,5	0,00000
12	5.3	G	0,0004	29	1,2	0	0	0,00000
13	6.1	G	0,0004	29	1,2	0	0	0,00000
14	6.2	G	0,0004	29 & 12	1,2	4	0,4	0,65000
15	6.3	G	0,0004	29 & 12	1,2	4	0,4	0,65000
16	6.4	G	0,0004	29 & 12	1,2	4	0,4	0,65000
17	6.5	G	0,0004	29 & 12	1,2	4	0,4	0,65000
18	7	G	0,0004	29	1,2	0	0	0,00000
19	8	G	0,0004	29 & 14	1,2	4	0,4	0,60000

Tabel 4.6 berisi data yang akan menjadi input persamaan untuk menghitung *failure probability*. Rekap data tersebut belum memiliki arti yang signifikan sebelum dilakukan perhitungan.

2. Perhitungan *Failure probability*

Bagian ini berisi perhitungan *failure probability*. Sebelumnya dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai *assessed effect* dengan rumus (2.1) yaitu $\text{Assessed Effect} = [(\text{Multiplier} - 1) \times \text{assessed proportion} + 1]$

Berikut adalah contoh perhitungan *assessed effect task 1.1*

$$\text{AE task 1.1} = [(1,2 - 1) \times 0] + 1 = 1$$

Assessed Effect (2) langsung menjadi 0 karena EPC task 1.1 hanya ada satu. Nilai AE hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel

Setelah mendapat nilai AE, dapat dicari nilai *failure probability*. Nilai *failure probability* dihitung dengan menggunakan rumus 2.2 yaitu : *Human error probability* = Nominal human unreliability x AE1 x AE2 x AE3 x ... x Aen.

Berikut adalah contoh perhitungan task 1.1

$$\text{HEP task 1.1} = 0,0004 \times 1 = 0,0004$$

Bila task memiliki dua kondisi penyebab eror (EPC), maka pengali pada persamaan tersebut akan bertambah. HEP task 1.1 tidak dikalikan dengan *Assessed Effect* (2) karena EPC task 1.1 hanya 1. Berikut adalah hasil perhitungan untuk semua *task* .

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan *Assessed effect* dan *Failure probability*

NO	Task	Human Error Probability (HEP)	AE	AE2	HEP i
1	1.1	Tidak memindahkan powder 1 kedekat lubang penuangan di Mixer	1,0	0,0	0,000400
2	1.2	Tidak memindahkan powder 2 kedekat lubang penuangan di Mixer	1,0	0,0	0,000400
3	2.1	Tidak mengaduk cairan pewarna di wadah penampung warna	1,1	0,0	0,000432
4	2.2	Mengisi wadah penuangan dari wadah penampung sebanyak kurang atau lebih dari a liter	1,0	0,0	0,000400
5	2.3	Tidak membawa wadah berisi pewarna kedekat lubang penuangan di Mixer	1,0	0,0	0,000400
6	3.1	Mengisi wadah penuangan parfum dari drum berisi parfum kurang atau lebih dari b liter	1,0	0,0	0,000400
7	3.2	Tidak membawa wadah berisi parfum kedekat lubang penuangan di Mixer	1,0	0,0	0,000400
8	4.1	Salah meng-input berat material chip yang akan di campurkan pada monitor touch screen mesin Mixer	1,0	1,0	0,000400
9	4.2	Tidak menekan tombol slide to weighter untuk memasukkan material dari silo ke weighter	1,0	0,0	0,000400
10	5.1	Tidak melihat lampu indikator padam (menyatakan siap untuk melakukan pencampuran lagi)	1,2	0,0	0,000480
11	5.2	Salah meng-input mixing time pada monitor touch screen mesin Mixer	2,5	0,0	0,001000
12	5.3	Tidak menekan tombol "slide to mixer" untuk merilis material dari weighter menuju Mixer	1,0	0,0	0,000400
13	6.1	Tidak menekan tombol "start" untuk memulai proses pencampuran	1,0	0,0	0,000400
14	6.2	Memasukkan material lain sebelum atau setelah 3 menit proses pencampuran	1,1	3,0	0,001263
15	6.3	Menuangkan material powder sebelum atau sesudah menit ke 3 kedalam Mixer	1,1	3,0	0,001263

NO	Task	Human Error Probability (HEP)	AE	AE2	HEP i
16	6.4	Menuangkan material perwarna sebelum atau sesudah menit ke 7 kedalam Mixer	1,1	3,0	0,001263
17	6.5	Menuangkan material parfum sebelum atau sesudah menit ke 11 kedalam Mixer	1,1	3,0	0,001263
18	7	Tidak mengisi check sheet pencampuran material	1,0	0,0	0,000400
19	8	Tidak berkomunikasi aktif dengan operator packing line untuk mengetahui kondisi output	1,1	2,8	0,001210

Selain sebagai hasil perhitungan failure probability, tabel 4.7 digunakan untuk menghitung keandalan *operator* yang ada di lini pencampuran material. Semakin kecil nilai *failure probability* , semakin kecil kemungkinan untuk melakukan kesalahan pada aktivitas tersebut dan sebaliknya.

4.3.4 Systematic Human error Reduction and Prediction Approach (SHERPA)

Pengumpulan data SHERPA dilakukan dengan cara diskusi bersama *operator*, *team leader* dan asisten manager kualitas. Diskusi dilakukan untuk menentukan *failure mode*, tingkat kekritisan aktivitas terhadap defect warna yang ditimbulkan (C). Kemungkinan terjadinya kesalahan (P) diperoleh dari output metode HEART berupa *failure probability* . Hasil pengolahan data ini dapat digunakan untuk menentukan prioritas aktivitas mana yang harus ditanggulangi terlebih dahulu. Pengambilan data dilakukan secara terpisah dan waktu yang tidak bersamaan. *Recovery* dan *Remedial measures* adalah perbaikan yang diusulkan untuk meminimalkan terjadinya *human error*. Data pada tabel 4.8 berikut adalah rekap hasil dari pengumpulan data SHERPA.

Tabel 4.8 *Systematic Human error Reduction and Prediction Approach (SHERPA)*

Task Step	Activity	Failure Mode	Deskripsi	Konsekuensi	Recovery	P	C	Remedial measures
1.1	Memindahkan <i>powder</i> 1 kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	a8	<i>Operator</i> tidak memindahkan <i>powder</i> 1 ke dekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	<i>Powder</i> 1 jauh dari lubang penuangan	Immediate	0,000400	L	Menempel poster " <i>Move to Mixer</i> " di area <i>powder</i>
1.2	Memindahkan <i>powder</i> 2 kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	a8	<i>Operator</i> tidak memindahkan <i>powder</i> 2 ke dekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	<i>Powder</i> 2 jauh dari lubang penuangan	Immediate	0,000400	L	Menempel poster " <i>Move to Mixer</i> " di area <i>powder</i>
2.1	Mengaduk cairan <i>colorant</i> di wadah pensampung warna	a8	<i>Operator</i> tidak mengaduk cairan <i>colorant</i> di wadah pensampung warna	<i>Colorant</i> akan mengendap (liquid)	None	0,000432	L	Menambah alat pengaduk menjadi satu per wadah dan/atau menempel poster "Aduk setiap akan dituang" di area <i>colorant</i>
2.2	Mengisi wadah penuangan dari wadah pensampung sebanyak a liter <i>colorant</i>	a8	<i>Operator</i> mengisi kurang dari a liter <i>colorant</i>	Campuran sabun mendapat terlalu sedikit warna	None	0,000400	H	Merancang wadah penuang yang lebih akurat
		a8	<i>Operator</i> mengisi lebih dari a liter <i>colorant</i>	Campuran sabun mendapat terlalu banyak warna	None		H	Merancang wadah penuang yang lebih akurat

Tabel 4.8 *Systematic Human error Reduction and Prediction Approach (SHERPA)*(lanjutan)

Task Step	Activity	Failure Mode	Deskripsi	Konsekuensi	Recovery	P	C	Remedial measures
2.3	Membawa wadah berisi <i>colorant</i> kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	a8	<i>Operator</i> tidak membawa wadah berisi <i>colorant</i> kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	<i>Colorant</i> jauh dari lubang penuangan	Immediate	0,0004	L	Menempel poster " <i>Move to Mixer</i> " di area <i>colorant</i>
3.1	Mengisi wadah penuangan parfum dari drum berisi parfum sebanyak b liter	a8	<i>Operator</i> mengisi parfum kurang dari b liter	Campuran sabun akan kekurangan parfum	None	0,0004	M	Menyediakan wadah penuang yang lebih akurat
		a8	<i>Operator</i> mengisi parfum lebih dari b liter	Campuran sabun akan kelebihan parfum	None		M	
3.2	Membawa wadah berisi parfum kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	a8	<i>Operator</i> tidak memindahkan wadah berisi parfum kedekat lubang penuangan	Parfum jauh dari lubang penuangan	Immediate	0,0004	L	Menempel poster " <i>Move to Mixer</i> " di area Parfum
4.1	Meng- <i>input</i> berat material <i>chip</i> yang akan di campurkan pada monitor <i>touch screen</i> mesin <i>Mixer</i>	a8	<i>Operator</i> salah meng- <i>input</i> berat material <i>chip</i>	<i>Wrong weight recorded</i>	None	0,0004	H	1.Membuat sistem pengingat weight otomatis dilayar monitor <i>mixer</i> (untuk masalah lupa/ tidak menginput)

Tabel 4.8 *Systematic Human error Reduction and Prediction Approach (SHERPA)*(lanjutan)

Task Step	Activity	Failure Mode	Deskripsi	Konsekuensi	Recovery	P	C	Remedial measures
		a8	<i>Operator</i> tidak meng- <i>input</i> berat material <i>chip</i>	No Weight recorded	Immediate		H	2. Sistem auto input weight, dimana <i>operator</i> tidak perlu meng- <i>input</i> angka manual, namun sudah langsung langsung terisi sesuai angka yang di setting oleh engineering.
4.2	Menekan tombol <i>slide to weighter</i> untuk memasukkan material dari silo ke <i>weighter</i>	a8	<i>Operator</i> tidak menekan tombol <i>slide to weighter</i>	Tidak dapat di proses	None	0,0004	L	Labelling tombol "weigher"
5.1	Memastikan lampu indikator padam (siap untuk pencampuran selanjutnya)	r1	<i>Operator</i> tidak melihat lampu indikator	<i>Operator</i> tidak melakukan proses pencampuran selanjutnya	Immediate	0,00048	M	Memindahkan lampu ketempat yang bisa dilihat <i>operator</i> dari ruang kontrol
5.2	Meng- <i>input</i> <i>mixing time</i> pada <i>monitor touch screen</i> mesin <i>Mixer</i>	a8	<i>Operator</i> salah meng- <i>input</i> <i>mixing time</i>	<i>Wrong mixing time recorded</i>	Immediate	0,001	M	1.Membuat sistem pengingat <i>time</i> otomatis dilayar monitor <i>mixer</i> (untuk masalah lupa/ tidak menginput).

Tabel 4.8 *Systematic Human error Reduction and Prediction Approach (SHERPA)*(lanjutan)

Task Step	Activity	Failure Mode	Deskripsi	Konsekuensi	Recovery	P	C	Remedial measures
		a8	<i>Operator tidak meng-input mixing time</i>	<i>No mixing time recorded</i>	Task 6.1		L	2. Sistem auto input time, dimana <i>operator</i> tidak perlu meng-input angka manual, namun sudah langsung langsung terisi sesuai angka yang di setting oleh engineering.
5.3	Menekan tombol " <i>slide to mixer</i> " untuk merilis material dari <i>weighter</i> menuju <i>Mixer</i>	a8	<i>operator</i> tidak menekan tombol " <i>slide to mixer</i> "	Material tidak dirilis	None	0,0004	L	Labelling tombol " <i>Mixer</i> "
6.1	Menekan tombol " <i>start</i> " untuk memulai proses pencampuran	a8	<i>Operator</i> tidak menekan tombol " <i>start</i> "	Proses pencampuran tidak dimulai	Immediate	0,0004	L	Membuat sistem pengingat start otomatis dilayar monitor <i>mixer</i>
6.2	Membiarkan selama 3 menit untuk pencampuran chip (tidak memasukkan material lain)	a3 & r1 a3 & r1	<i>Operator</i> menuangkan material lain sebelum menit ketiga <i>Operator</i> menuangkan material lain setelah menit ketiga	Chip Kekurangan waktu pemrosesan Chip kelebihan waktu pemrosesan	None None	0,001263	H H	(1) Meningkatkan kesadaran akan kualitas dan kedisiplinan karyawan BDM dan <i>packing line</i> dengan <i>coaching</i> atau pelatihan

Tabel 4.8 *Systematic Human error Reduction and Prediction Approach (SHERPA)*(lanjutan)

Task Step	Activity	Failure Mode	Deskripsi	Konsekuensi	Recovery	P	C	Remedial measures
6.3	Menuangkan material <i>powder</i> pada menit ke 3 kedalam <i>Mixer</i> (selama 4 menit)	a3 & r1	<i>Operator</i> menuangkan <i>powder</i> sebelum menit ketiga	<i>Powder</i> kelebihan waktu pemrosesan	None	0,001263	H	(2) Memberi kebijakan tidak menggunakan tenaga outsource untuk merecycle produk cacat. Lini yang memproduksi produk cacat tersebut harus membuka kemasan kembali dan mendaur ulang sabun cacat yang timbul. (3) Merubah sistem bonus out put produksi yang selama ini dihitung harian dan tidak memandang kualitas output, menjadi mingguan atau bulanan, agar produk yang di-blok tidak dimasukkan kedalam output produksi.
		a3 & r1	<i>Operator</i> menuangkan <i>powder</i> setelah menit ketiga	<i>Powder</i> Kekurangan waktu pemrosesan	None		H	
6.4	Menuangkan material perwarna pada menit ke 7 kedalam <i>Mixer</i> (selama 4 menit)	a3 & r1	<i>Operator</i> menuangkan <i>colorant</i> sebelum menit ke tujuh	<i>Colorant</i> kelebihan waktu pemrosesan	None	0,001263	H	
		a3 & r1	<i>Operator</i> menuangkan <i>colorant</i> setelah menit ketujuh	<i>Colorant</i> Kekurangan waktu pemrosesan	None		H	
6.5	Menuangkan material parfum pada menit ke 11 kedalam <i>Mixer</i> (selama 1,5 menit)	a3 & r1	<i>Operator</i> menuangkan parfum sebelum menit sebelas	Parfum kelebihan waktu pemrosesan	None	0,001263	H	
		a3 & r1	<i>Operator</i> menuangkan parfum setelah menit sebelas	Parfum Kekurangan waktu pemrosesan	None		H	

Tabel 4.8 *Systematic Human error Reduction and Prediction Approach (SHERPA)*(lanjutan)

Task Step	Activity	Failure Mode	Deskripsi	Konsekuensi	Recovery	P	C	Remedial measures
7	Mengisi <i>check sheet</i> pencampuran material	a8	<i>Operator</i> tidak mengisi <i>check sheet</i>	Check sheet kosong	Immediate	0,0004	L	Check sheet online (real time) sehingga TL bisa memonitor dengan lebih mudah.
8	Berkomunikasi aktif dengan <i>operator packing line</i> untuk mengetahui kondisi <i>output</i>	i3	<i>Operator</i> BDM tidak aktif menanyakan <i>output</i> .	Tidak ada informasi tentang kondisi <i>output</i> yang didapat	None	0,00121	H	Meningkatkan kesadaran akan kualitas dan kedisiplinan karyawan BDM dan <i>packing line</i> dengan <i>coaching</i> atau pelatihan

Dari tabel 4.8 dapat dilihat bahwa ada aktivitas yang memiliki tingkat kekritisian rendah dan *failure probability* rendah seperti aktivitas pada step 7. Ada aktivitas yang memiliki tingkat kekritisian tinggi dan *failure probability* tinggi juga. Aktivitas yang memiliki tingkat kekritisian tinggi dan *failure probability* tinggi merupakan aktivitas yang dipilih untuk dikembangkan alternatif solusinya.

4.4 Penilaian Human Reliability Hasil Observasi

Bagian ini adalah hasil perhitungan kendalan *operator* departemen pencampuran material. Pengambilan data dilakukan dengan observasi langsung didepartemen pencampuran material selama lebih dari 3 minggu. Data primer yang digunakan terlampir pada tabel lampiran 2. Data tersebut merupakan rekapan aktivitas *operator*. Data *output* metode HEART berupa *failure probability* pada sub bab 4.3.2 juga digunakan sebagai alat ukur keandalan *operator*. Ada 68 kali proses pencampuran material yang diamati dengan total 6 *operator* berbeda.

Failure probability dijumlahkan menjadi total *failure probability operator*. Sehingga keandalan seorang *operator* dalam satu proses adalah 1 dikurang *total failure probability*. Berikut adalah contoh perhitungan *human reliability operator* A pada tanggal 25 april 2016 pengambilan sample ke 1.

$$HR = 1 - (HEP\ 3 + HEP\ 11 + HEP\ 14 + HEP\ 15 + HEP\ 19)$$

$$HR = 1 - (0,0004 + 0,0010 + 0,0013 + 0,0013 + 0,0012)$$

$$HR = 1 - 0,0051668$$

$$HR = 0,99483$$

Dengan demikian, keandalan *operator* pada proses tersebut adalah 0,99483. Untuk mengetahui keandalan rata-rata *operator*, hasil penjumlahan keandalan *operator* dibagi dengan total proses yang dilakukan *operator* tersebut. Tabel 4.9 adalah hasil pengumpulan data dan hasil perhitungan keandalan setiap *operator*.

Tabel 4.9 Keandalan *Operator A*

Tanggal	Operator	Pengamatan ke	Jumlah task error	Nomor Task yang error	Human Reliability
25/04/2016	A	1	5	3,11,14,15, 19	0,99483
	A	6	3	3,10,19	0,99788
	A	7	4	3,14,15,19	0,99583
26/04/2016	A	8	6	3,14,15,16,17,19	0,99331
	A	9	4	3,14,15,19	0,99583
	A	12	6	3,14,15,16,17,19	0,99331
Keandalan operator A					0,99517

Tabel 4.10 adalah rangkuman perhitungan keandalan setiap *operator*. Detail perhitungan masing-masing *operator* dapat dilihat pada lampiran 3.

Tabel 4.10 Keandalan Rata-rata *Operator Pencampuran Material*

Nama <i>Operator</i>	Nilai Keandalan Rata-rata
A	0,995165666666667
B	0,9947642
C	0,99294032
D	0,992856423529412
E	0,994062763636364
F	0,993203584615385

Dari tabel 4.10 diperoleh nilai keandalan rata-rata *operator*. Namun, diperlukan uji kecukupan data, untuk melihat apakah nilai ini bisa diolah lebih lanjut untuk mengetahui nilai minimum *human reliability*.

4.5 Uji Kecukupan data

Uji kecukupan data digunakan untuk melihat apakah pengambilan data yang dilakukan sudah cukup atau belum. Data yang digunakan adalah data dari lampiran 3. Dari lampiran 4 diperoleh total *Human realibity* sebesar 67,55858. Kuadrat *human reliability* yang diperoleh adalah 67,12013. Tingkat keyakinan yang

digunakan adalah 95%, maka $k=1,96$ atau 2 bila dilakukan pembulatan keatas. Derajat ketelitian penelitian adalah 5%. Jumlah pengamatan yang sudah dilakukan adalah 68. Menghitung jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan bisa dengan rumus :

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N * (\sum Xi \text{ kuadrat}) - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2 \quad (4.1)$$

Keterangan :

N' : Jumlah data pengamatan yang harus dikumpulkan.

K : Tingkat keyakinan (*confidence level*)

S : Derajat ketelitian

N : Jumlah data pengamatan yang telah dikumpulkan sebelumnya.

$\sum xi$: Jumlah waktu siklus

Sehingga :

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{68 * (67,12013) - (67,55858)^2}}{67,55858} \right]^2$$

$$N' = 0,000538 = 1$$

Karena N' lebih kecil dari N (68), maka data yang diambil cukup.

4.6 Penentuan Batas Minimum Human Reliability

Bagian ini membahas penentuan batas minimum *human reliability* yang diperbolehkan. Rumus yang digunakan adalah rumus mencari Upper center limit.

$$UCL = \bar{x} - \text{standar deviasi} \dots\dots\dots(4.2)$$

Berdasarkan lampiran 4, diperoleh standar deviasi = 0,001221, \bar{x} = 0,99351, dan variansi = 0,00000147. Semakin besar nilai *human reliability*-nya, maka operator tersebut semakin baik performanya. Nilai rata-rata hasil pengukuran kehandalan operator menunjukkan ukuran pemusatan datanya. Variansi dan standar deviasi menggambarkan persebaran datanya. Semakin kecil variansinya, semakin data tersebut tidak terlalu tersebar.

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{x} - 2 * \text{standar deviasi} \\ &= 0,99351 - 2 * 0,001221 \\ &= 0,991065764262595 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan *minimum human unreliability* 0,991065764262595. Dengan kondisi selama penelitian, *operator* masuk kedalam kategori tidak handal bila memperoleh nilai keandalan dibawah 0,991065764262595. Dari 68 kali pengamatan, semua berada diatas batas minimum.

4.7 Identifikasi penyebab *Human error* selama *Observasi*

Sub bab ini berisi rekapan *human error* yang terjadi selama observasi. Data ini akan digunakan sebagai pertimbangan pencarian alternatif solusi. Frekuensi terjadinya *human error* pada sistem penampuran material eksisting dan output SHERPA dapat digunakan untuk membantu perusahaan menentukan aktivitas yang akan dicari solusinya. Tabel 4.12 adalah hasil rekapan aktivitas *operator* yang tidak sesuai dengan HTA yang telah dibuat . Aktivitas pada tabel 4.12 dibuat berdasarkan urutan jumlah kejadian tertinggi sampai terendah. Ada aktivitas yang selalu sesuai dengan standar (0 kali) dan ada yang sangat sering tidak sesuai dengan standar (65 kali).

Tabel 4.12 Rekap *human error* selama observasi

Task	Task Step	<i>Human error</i> Probability (HEP)	Penyebab	Jumlah kejadian	Persentase
14	6.2	Memasukkan material lain sebelum atau setelah 3 menit proses pencampuran	Ketidaksesuaian prosedur & Terjadi ketidaksesuaian antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan	65	96%
15	6.3	Menuangkan material <i>powder</i> sebelum atau sesudah menit ke 3 kedalam <i>Mixer</i>	Ketidaksesuaian prosedur & Terjadi ketidaksesuaian antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan	65	96%
3	2.1	Tidak mengaduk cairan pewarna di wadah penampung warna	Ketidaksesuaian prosedur	61	90%

Tabel 4.12 Rekap *human error* selama observasi (Lanjutan)

Task	Task Step	<i>Human error</i> Probability (HEP)	Penyebab	Jumlah kejadian	Persentase
16	6.4	Menuangkan material berwarna sebelum atau sesudah menit ke 7 kedalam <i>Mixer</i>	Ketidaksesuaian prosedur & Terjadi ketidaksamaan antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan	59	87%
19	8	Tidak berkomunikasi aktif dengan <i>operator packing line</i> untuk mengetahui kondisi <i>output</i>	Ketidaksesuaian prosedur	58	85%
17	6.5	Menuangkan material parfum sebelum atau sesudah menit ke 11 kedalam <i>Mixer</i>	Ketidaksesuaian prosedur & Terjadi ketidaksamaan antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan	54	79%
11	5.2	Salah meng- <i>input mixing time</i> pada <i>monitor touch screen</i> mesin <i>Mixer</i>	Terjadi ketidaksamaan antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan	28	41%
10	5.1	Tidak melihat lampu indikator padam (menyatakan siap untuk melakukan pencampuran lagi)	Tidak tersedianya cara tetap untuk tetap mengawasi jalannya operasi	16	24%
1	1.1	Tidak memindahkan powder 1 kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	Ketidaksesuaian prosedur	0	0%
2	1.2	Tidak memindahkan powder 2 kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	Ketidaksesuaian prosedur	0	0%
4	2.2	Mengisi wadah penuangan dari wadah penampung sebanyak kurang atau lebih dari a liter	Peralatan kurang mendukung	0	0%
5	2.3	Tidak membawa wadah berisi pewarna kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	Ketidaksesuaian prosedur	0	0%

Tabel 4.12 Rekap *human error* selama observasi (Lanjutan)

Task	Task Step	<i>Human error</i> Probability (HEP)	Penyebab	Jumlah kejadian	Persentase
6	3.1	Mengisi wadah penuangan parfum dari drum berisi parfum kurang atau lebih dari b liter	Peralatan kurang mendukung	0	0%
7	3.2	Tidak membawa wadah berisi parfum kedekat lubang penuangan di <i>Mixer</i>	Ketidaksesuaian prosedur	0	0%
8	4.1	Salah meng- <i>input</i> berat material <i>chip</i> yang akan di campurkan pada monitor <i>touch screen</i> mesin <i>Mixer</i>	Ketidaksesuaian prosedur & Terjadi ketidaksesuaian antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan	0	0%
9	4.2	Tidak menekan tombol <i>slide to weighter</i> untuk memasukkan material dari silo ke <i>weighter</i>	Ketidaksesuaian prosedur	0	0%
12	5.3	Tidak menekan tombol " <i>slide to mixer</i> " untuk merilis material dari <i>weighter</i> menuju <i>Mixer</i>	Ketidaksesuaian prosedur	0	0%
13	6.1	Tidak menekan tombol " <i>start</i> " untuk memulai proses pencampuran	Ketidaksesuaian prosedur	0	0%
18	7	Tidak mengisi <i>check sheet</i> pencampuran material	Ketidaksesuaian prosedur	0	0%

4.8 Pemilihan dan Perancangan alternatif perbaikan

Berdasarkan perbandingan masing-masing metode *human reliability*, diskusi dan hasil observasi digunakan untuk menentukan dan memilih fokus perbaikan yang akan dilaksanakan. Tabel 4.13 adalah rekapan *output human reliability*, wawancara dan hasil observasi. Kolom task, task step dan HEP

diperoleh dari sub bab 4.3.2. Kolom penyebab diperoleh dari hasil diskusi. Tabel 4.13 adalah hasil amatan terhadap aktivitas pencampuran material.

Tabel 4.13 Rekap aktivitas *operator* hasil amatan

Task	Task Step	Human error Probability (HEP)	Penyebab	Jumlah kejadian	%	C
14	6.2	Memasukkan material lain sebelum atau setelah 3 menit proses pencampuran	Ketidaksesuaian prosedur & Terjadi ketidaksesuaian antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan	65	96%	H
15	6.3	Menuangkan material <i>powder</i> sebelum atau sesudah menit ke 3 kedalam <i>Mixer</i>	Ketidaksesuaian prosedur & Terjadi ketidaksesuaian antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan	65	96%	H
3	2.1	Tidak mengaduk cairan pewarna di wadah penampung warna	Ketidaksesuaian prosedur	61	90%	L
16	6.4	Menuangkan material perwarna sebelum atau sesudah menit ke 7 kedalam <i>Mixer</i>	Ketidaksesuaian prosedur & Terjadi ketidaksesuaian antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan	59	87%	H
19	8	Tidak berkomunikasi aktif dengan <i>operator packing line</i> untuk mengetahui kondisi <i>output</i>	Ketidaksesuaian prosedur	58	85%	H

Tabel 4.13 Rekap aktivitas *operator* hasil amatan (Lanjutan)

Task	Task Step	<i>Human error Probability</i> (HEP)	Penyebab	Jumlah kejadian	%	C
17	6.5	Menuangkan material parfum sebelum atau sesudah menit ke 11 kedalam <i>Mixer</i>	Ketidaksesuaian prosedur & Terjadi ketidaksesuaian antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan	54	79%	H
11	5.2	Salah meng- <i>input mixing time</i> pada <i>monitor touch screen</i> mesin <i>Mixer</i>	Terjadi ketidaksesuaian antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan	28	41%	M
10	5.1	Tidak melihat lampu indikator padam (menyatakan siap untuk melakukan pencampuran lagi)	Tidak tersedianya cara tetap untuk tetap mengawasi jalannya operasi	16	24%	L

Dari tabel 4.13 kemudian dipilih aktivitas yang memiliki tingkat kekritisan yang tinggi untuk kemudian dibahas lebih dalam yaitu task 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 dan 8. Aktivitas yang dipilih kemudian diubah menjadi bentuk tabel 4.14 Tabel ini merupakan rekap aktivitas memiliki dampak yang tinggi terhadap terjadinya defect warna dan memang benar-benar terjadi pada sistem kerja.

Tabel 4.14 Task dengan dampak tertinggi dan terjadi

Task Step	Deskripsi
6.2	<i>Operator</i> menuangkan material lain sebelum menit ketiga
	<i>Operator</i> menuangkan material lain setelah menit ketiga
6.3	<i>Operator</i> menuangkan <i>powder</i> sebelum menit ketiga
	<i>Operator</i> menuangkan <i>powder</i> setelah menit ketiga
6.4	<i>Operator</i> menuangkan <i>colorant</i> sebelum menit ke tujuh
	<i>Operator</i> menuangkan <i>colorant</i> setelah menit ketujuh
6.5	<i>Operator</i> menuangkan parfum sebelum menit sebelas
	<i>Operator</i> menuangkan parfum setelah menit sebelas
8	<i>Operator</i> BDM tidak aktif menanyakan out put.

Tabel 4.14 dapat disederhanakan menjadi dua aktivitas, yaitu penuangan dan komunikasi. *Task step* 6.2, 6.3, 6.4 dan 6.5 masuk kedalam kategori penuangan. *Task step* 8 masuk kedalam kategori komunikasi.

Untuk membahas kedua kategori ini dilakukan *human error* investigation. Menurut cara pandang lama, *the bad apple of human error*, sistem kompleks pada dasarnya aman, mereka perlu dilindungi dari orang-orang yang tidak andal (*unreliable*). Namun, apapun bentuk kesalahan yang ditemukan dalam *human error* seperti ketidakpuasan, kelalaian dan kebodohan, jika hanya menitikberatkan pada pegawai/ "bad apple" yang tidak termotivasi untuk bekerja lebih baik, kemungkinan hilang kisah sebenarnya di balik sebuah kegagalan. Menurut cara pandang baru, *human error* adalah indikasi adanya masalah yang lebih besar/dalam (Reason, 1990). Menyalahkan *operator* atas kesalahan yang dibuat oleh mereka tidak akan menjelaskan mengapa *operator* berperilaku seperti itu.

Tabel 4.15 menampilkan faktor yang membentuk perilaku *operator*. Faktor ini diperoleh dari hasil pengamatan, diskusi dengan *team leader*, *operator* senior serta menggali *insight* dari *operator* pencampuran material dan tinjauan pustaka.

Tabel 4.15 Faktor yang berkontribusi terhadap *human error*

Masalah	Kesalahan penuangan	Kurang Komunikasi
Kondisi Eksisting	Prosedur penuangan yang ada adalah <i>best practice</i> dan masih berlaku.	Ada alat komunikasi berupa HT dan masih berfungsi baik
Faktor Penyebab	1.Terjadi ketidaksamaan antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan <i>operator</i> . Saat melakukan penuangan tidak sesuai prosedur, tidak ada laporan bahwa terjadi produk cacat sehingga <i>operator</i> tetap melakukan cara yang salah tersebut. Fakta yang ada adalah ada probabilitas cacat warna bila mencampurkan material diluar spesifikasi. (human)	1. Operator bersifat reaktif. Didukung oleh poin nomor satu pada kesalahan penuangan. (human)
	2.Tidak ada hukuman bila melakukan kesalahan penuangan.(Policy)	

Dari tabel 4.16 selain dari faktor *human*, terdapat faktor lain yang berkontribusi terhadap *human error* pada sistem sekarang yaitu management (*organization/policies*). Tabel 4.16 menampilkan solusi yang sesuai dengan kondisi penyebab *human error* hasil penelitian. Solusi ini diperoleh dari hasil diskusi dengan pihak manajemen dan studi literatur.

Tabel 4.16 Solusi permasalahan

Faktor	Solusi	Prioritas	Dampak yang diharapkan	Cost
Human	Meningkatkan kesadaran akan kualitas dan kedisiplinan karyawan BDM dan <i>packing line</i> dengan <i>coaching</i> atau pelatihan	High	Meningkatnya kesadaran akan kualitas dan kedisiplinan karyawan BDM dan P.L	Ada

Tabel 4.16 Solusi permasalahan (Lanjutan)

Faktor	Solusi	Prioritas	Dampak yang diharapkan	Cost
Management	Memberi kebijakan tidak menggunakan tenaga outsource untuk merecycle produk cacat. Lini yang memproduksi produk cacat tersebut harus membuka kemasan kembali dan mendaur ulang sabun cacat yang timbul.	High	<i>Operator</i> akan berusaha untuk tidak menghasilkan produk cacat warna	Tidak ada
Management	Merubah sistem bonus output produksi yang selama ini dihitung harian dan tidak memandang kualitas output, menjadi mingguan atau bulanan, agar produk yang di-blok tidak dimasukkan kedalam output produksi.	High	<i>Operator</i> semakin berhati-hati agar tidak menghasilkan produk cacat yang akan membuat bonus mereka berkurang	Tidak ada

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab 5 berisi analisis dan interpretasi data mengenai cacat warna sabun, human reliability, *human error* yang berpengaruh pada cacat warna sabun serta rekomendasi perbaikan.

5.1 Analisis Cacat Warna Sabun

Hasil pencatatan waktu penuangan material dan pengukuran warna pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa tidak ada penuangan yang benar-benar mengikuti *manufacturing specification*. Waktu penuangan yang tidak mengikuti *manufacturing specification* menyebabkan sebagian *output* yang dihasilkan memiliki warna diluar spesifikasi. Hal ini disebabkan penuangan yang dilaksanakan bukanlah *best practice*. Waktu penuangan dalam *manufacturing specification* adalah *best practice* waktu penuangan material sabun berdasarkan *design of experiment* dari departemen research and development PT.X. Melakukan penuangan di luar *manufacturing specification* meningkatkan probabilitas produk mengalami cacat warna.

Dari tabel 4.2, dapat dilihat bahwa hubungan antara waktu dan perubahan warna tergolong kecil yaitu 0,089. Standar error yang didapatkan sangat besar yaitu 0,778. Hal ini disebabkan material yang dicampur mengalami reaksi kimia, sehingga sulit untuk melihat hubungannya tanpa melakukan *design of experiment*. Hubungan antara waktu penuangan dan delta e diperoleh dengan membandingkan data yang kondisinya tidak terlalu jauh berbeda yaitu gambar 4.23, gambar 4.2.4, tabel 4.3 dan tabel 4.4. Berikut adalah interpretasi dan analisis terhadap gambar dan tabel tersebut.

1. Jika penuangan *powder* dan perwana dilakukan lebih awal daripada standar penuangan yang seharusnya dan penuangan parfum sesuai standar , maka delta e yang diperoleh semakin besar. Hal ini disebabkan karakteristik material *colorant* yang akan semakin gelap bila dicampur semakin lama. (Lihat Gambar 4.2.3 dan Gambar 4.2.4).
2. Penuangan parfum dekat dengan menit penuangan *powder* dan *colorant* mengakibatkan warna sabun pucat. Hal ini disebabkan sifat minyak pada

parfum membuat material *colorant* yang berupa cairan tidak tercampur secara sempurna dengan *powder* dan soap chip (Lihat Gambar 4.2.3 dan Gambar 4.2.4).

3. Bila parfum dituang diakhir proses, maka *output* akan memiliki warna yang lebih merah dibandingkan dengan sabun yang penuangannya di awal atau tengah proses. Penuangan parfum yang terlalu dini menyebabkan sabun berwarna pucat. (Lihat tabel 4.3 dan 4.4)

Bila proses penuangan material sabun oleh *operator* tidak sesuai manufacturing specification, maka kemungkinan cacat warna pada sabun semakin besar. Proses ini merupakan tanggung jawab *operator*. Proses penuangan material pada lini produksi amatan masih manual. *Human reliability assessment* dilakukan untuk mengukur keandalan *operator* dalam melakukan proses pencampuran.

5.2 Analisis Human Reliability Assessment

Pada bagian ini, akan dianalisis *failure probability* dan output metode *operator reliability* hasil observasi.

5.2.1 Analisis output metode Human error Assessment and reduction Technique

Output HEART pada tabel 4.7 digunakan sebagai alat ukur untuk menghitung keandalan *operator*. Task dengan *failure probability* tertinggi adalah task 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 dan 8. Hal ini disebabkan task ini memiliki masing-masing dua *error producing condition* dan memiliki proporsi yang besar terhadap *human error*. Task ini menjadi fokus improvement karena memiliki *failure probability*.

5.2.2 Analisis Hasil perhitungan Human Reliability Hasil Observasi

Tabel 4.7 digunakan sebagai alat ukur untuk menghitung keandalan *operator* sehingga didapatkan tabel 4.10 yaitu tabel keandalan rata-rata *operator*. *Minimum human unreliability* adalah 0,991065764262595. Artinya, *operator* masuk kedalam kategori tidak handal bila memperoleh nilai keandalan dibawah 0,991065764262595. Pada tabel 4.11 dapat dilihat bahwa dari 68 kali pengamatan, tidak ada yang memiliki nilai keandalan dibawah batas minimum. Namun, pada proses pencampuran material yang dapat dilihat pada lampiran 2, ada kesalahan

berulang. Frekuensi terjadinya *human error* beberapa task sangat tinggi seperti pada tabel 4.12. Hal ini bertentangan sejalan dengan *probability failure* task tersebut.

5.3 Analisis Pemilihan dan Perancangan alternatif perbaikan

Berdasarkan *failure probability* terbesar, dampak terhadap cacat warna diluar spesifikasi, faktor penyebab dan brainstorming, dipilih empat solusi yang ditawarkan untuk dilakukan. Berikut adalah analisa masing-masing solusi yang ditawarkan yaitu sebagai berikut:

1. Solusi meningkatkan kesadaran akan kualitas dan kedisiplinan karyawan pencampuran material dan packing line dengan coaching atau pelatihan dipilih karena belum ada pelatihan khusus mengenai kualitas untuk *operator*, sehingga kesadaran kualitas *operator* masih kurang. Hal ini didukung oleh penelitian mengenai dampak training terhadap produktivitas tenaga kerja. Training memiliki dampak positif terhadap produktivitas tenaga kerja (Bartel, 1989).
2. Solusi tidak menggunakan tenaga outsource untuk me-recycle produk cacat direkomendasikan karena hal ini membuat *operator* menjadi lebih bertanggungjawab akan pekerjaannya. Lini yang memproduksi produk cacat tersebut harus membuka kemasan kembali dan mendaur ulang sabun cacat yang timbul. Hal ini didukung oleh study yang dilakukan perusahaan pada tahun 2016, tingkat *idle operator* adalah lebih dari 50%.
3. Solusi merubah sistem bonus out put produksi yang selama ini dihitung harian dan tidak memandang kualitas output, menjadi mingguan atau bulanan dan memandang kualitas output merupakan langkah yang dapat membuat *operator* lebih hati-hati dan tidak bereksperimen dengan proses penuangan material. Dengan perhitungan bonus bulanan atau mingguan, ada waktu untuk menemukan produk cacat produk. Produk cacat biasanya memerlukan waktu untuk ditemukan digudang hasil jadi. Produk ini nanti tidak dimasukkan kedalam perhitungan output produksi. Diharapkan kebijakan ini bisa merubah kebiasaan *operator*.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Lampiran 1 adalah hasil pengamatan waktu penuangan dan hasil pengukuran delta-e

Tanggal	Powder	<i>Colorant</i>	Parfume	delta e	delta e max
25/04/2016	3,00	3,08	10,83	0,8	3,00
25/04/2016	0,00	5,00	11,67	1,7	3,00
25/04/2016	0,00	6,67	11,75	2,3	3,00
25/04/2016	1,67	6,17	12,50	2,2	3,00
25/04/2016	5,00	5,83	10,83	2,0	3,00
25/04/2016	5,00	6,85	10,83	2,9	3,00
25/04/2016	5,18	5,83	10,83	2,0	3,00
26/04/2016	2,67	5,67	10,00	1,9	3,00
26/04/2016	5,42	7,17	11,17	1,8	3,00
26/04/2016	0,67	1,17	11,00	1,4	3,00
26/04/2016	5,17	7,58	10,75	1,9	3,00
26/04/2016	5,00	6,67	10,20	1,8	3,00
02/05/2016	0,33	0,67	0,50	2,24	3,00
02/05/2016	2,50	3,67	2,83	2,20	3,00
02/05/2016	2,50	3,17	2,67	2,68	3,00
02/05/2016	1,83	2,00	3,17	1,62	3,00
02/05/2016	1,00	1,33	1,17	2,89	3,00
02/05/2016	2,00	2,33	5,00	1,99	3,00
03/05/2016	0,33	0,67	0,50	2,24	3,00
03/05/2016	2,50	3,67	2,83	2,20	3,00
03/05/2016	2,50	3,17	2,67	2,68	3,00
03/05/2016	1,83	2,00	3,17	1,62	3,00
03/05/2016	1,00	1,33	1,17	2,89	3,00
03/05/2016	2,00	2,33	5,00	1,99	3,00
07/05/2016	1,67	1,83	6,67	4,37	3,00
07/05/2016	2,00	2,08	5,00	3,13	3,00
07/05/2016	1,17	1,28	8,33	1,99	3,00
07/05/2016	0,50	0,65	9,17	2,25	3,00
07/05/2016	0,17	0,30	9,17	3,37	3,00
07/05/2016	2,00	2,08	5,17	3,64	3,00
07/05/2016	1,67	1,83	5,33	3,46	3,00
07/05/2016	1,33	1,75	4,98	3,33	3,00
07/05/2016	2,18	2,33	5,00	3,13	3,00
07/05/2016	2,08	4,17	6,50	3,03	3,00
07/05/2016	2,00	2,08	5,00	3,17	3,00

Tanggal	Powder	Colorant	Parfume	delta e	delta e max
09/05/2016	1,8	1,7	2,8	1,56	3,0
09/05/2016	1,8	2,0	3,0	1,52	3,0
09/05/2016	1,0	1,3	1,5	1,48	3,0
09/05/2016	1,5	1,7	2,8	2,23	3,0
09/05/2016	3,0	3,2	4,7	2,93	3,0
09/05/2016	2,3	2,4	10,2	2,86	3,0
09/05/2016	0,1	0,2	10,8	2,89	3,0
09/05/2016	0,1	0,2	10,0	3,51	3,0
10/05/2016	0,7	0,8	10,8	2,0	3,0
10/05/2016	0,5	0,6	11,0	2,1	3,0
10/05/2016	1,2	1,3	11,7	2,0	3,0
10/05/2016	0,3	0,4	11,5	2,2	3,0
10/05/2016	0,0	0,1	11,0	2,4	3,0
11/05/2016	3,0	3,1	10,8	2,7	3,0
11/05/2016	0,0	5,0	11,7	2,9	3,0
11/05/2016	0,0	6,7	11,8	3,0	3,0
11/05/2016	1,7	6,2	12,5	2,0	3,0
11/05/2016	5,0	5,8	10,8	2,0	3,0
11/05/2016	5,0	6,9	10,8	2,9	3,0
11/05/2016	5,2	5,8	10,8	2,0	3,0
12/05/2016	0,5	0,6	10,0	4,4	3,0
12/05/2016	0,4	0,5	9,3	4,5	3,0
12/05/2016	0,7	0,8	8,5	4,3	3,0

Lampiran 2

Lampiran 2 adalah rekap aktivitas *operator*. Angka 0 pada *task step* memiliki arti “aktivitas dilakukan”, sedangkan angka 1 memiliki arti “aktivitas tidak dilakukan/*human error*”.

Tanggal	OP	NO	Task Step									
			1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1
25/04/16	A	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
25/04/16	B	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
25/04/16	B	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
25/04/16	B	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
25/04/16	B	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/04/16	A	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
25/04/16	A	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
26/04/16	A	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Tanggal	OP	NO	Task Step									
			1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1
26/04/16	A	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
26/04/16	B	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
26/04/16	B	11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
26/04/16	A	12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
02/05/16	C	13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
02/05/16	C	14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
02/05/16	C	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
02/05/16	C	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/05/16	D	17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
02/05/16	D	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/05/16	D	19	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
03/05/16	D	20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
03/05/16	D	21	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
03/05/16	D	22	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
03/05/16	D	23	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
03/05/16	C	24	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
03/05/16	C	25	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
03/05/16	C	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/05/16	C	27	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
03/05/16	D	28	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
03/05/16	D	29	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
03/05/16	D	30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
03/05/16	C	31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
07/05/16	D	32	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
07/05/16	D	33	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
07/05/16	D	34	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
07/05/16	D	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/05/16	C	36	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
07/05/16	C	37	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
07/05/16	C	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/05/16	D	39	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
07/05/16	D	40	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
07/05/16	D	41	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
07/05/16	C	42	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
07/05/16	C	43	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
07/05/16	C	44	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
09/05/16	F	45	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
09/05/16	E	46	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
09/05/16	E	47	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
09/05/16	F	48	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Tanggal	OP	NO	Task Step									
			1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1
09/05/16	F	49	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
09/05/16	E	50	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
09/05/16	E	51	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
09/05/16	F	52	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
09/05/16	F	53	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
10/05/16	E	54	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10/05/16	E	55	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10/05/16	E	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/05/16	F	57	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10/05/16	F	58	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
11/05/16	F	59	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
11/05/16	F	60	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
11/05/16	F	61	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
11/05/16	E	62	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11/05/16	E	63	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11/05/16	E	64	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
11/05/16	E	65	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
12/05/16	F	66	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12/05/16	F	67	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12/05/16	F	68	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
total			0	0	61	0	0	0	0	0	0	16
percentage			0%	0%	90%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	24%

Tanggal	OP	NO	Task Step								
			5.2	5.3	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	7	8
25/04/16	A	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1
25/04/16	B	2	0	0	0	1	1	0	1	0	1
25/04/16	B	3	0	0	0	1	1	0	1	0	1
25/04/16	B	4	0	0	0	1	1	0	1	0	1
25/04/16	B	5	0	0	0	1	1	0	0	0	1
25/04/16	A	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1
25/04/16	A	7	0	0	0	1	1	0	0	0	1
26/04/16	A	8	0	0	0	1	1	1	1	0	1
26/04/16	A	9	0	0	0	1	1	0	0	0	1
26/04/16	B	10	0	0	0	1	1	1	0	0	1
26/04/16	B	11	0	0	0	1	1	1	1	0	0
26/04/16	A	12	0	0	0	1	1	1	1	0	1
02/05/16	C	13	1	0	0	1	1	1	1	0	1
02/05/16	C	14	1	0	0	1	1	1	1	0	1

Tanggal	OP	NO	Task Step								
			5.2	5.3	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	7	8
02/05/16	C	15	1	0	0	1	1	1	1	0	0
02/05/16	C	16	1	0	0	1	1	1	1	0	1
02/05/16	D	17	1	0	0	1	1	1	1	0	1
02/05/16	D	18	1	0	0	1	1	1	1	0	0
02/05/16	D	19	1	0	0	1	1	1	1	0	1
03/05/16	D	20	1	0	0	1	1	1	1	0	1
03/05/16	D	21	1	0	0	1	1	1	1	0	1
03/05/16	D	22	1	0	0	1	1	1	1	0	1
03/05/16	D	23	1	0	0	1	1	1	1	0	0
03/05/16	C	24	1	0	0	1	1	1	1	0	0
03/05/16	C	25	1	0	0	1	1	1	1	0	1
03/05/16	C	26	1	0	0	1	1	1	1	0	1
03/05/16	C	27	1	0	0	1	1	1	1	0	1
03/05/16	D	28	1	0	0	1	1	1	1	0	1
03/05/16	D	29	1	0	0	1	1	1	1	0	1
03/05/16	D	30	1	0	0	1	1	1	1	0	0
03/05/16	C	31	1	0	0	1	1	1	1	0	1
07/05/16	D	32	0	0	0	1	1	1	1	0	1
07/05/16	D	33	0	0	0	1	1	1	1	0	1
07/05/16	D	34	0	0	0	1	1	1	1	0	1
07/05/16	D	35	0	0	0	1	1	1	1	0	1
07/05/16	C	36	0	0	0	1	1	1	1	0	1
07/05/16	C	37	0	0	0	1	1	1	1	0	1
07/05/16	C	38	0	0	0	1	1	1	1	0	1
07/05/16	D	39	0	0	0	1	1	1	1	0	0
07/05/16	D	40	0	0	0	1	1	1	1	0	1
07/05/16	D	41	0	0	0	1	1	1	1	0	1
07/05/16	C	42	0	0	0	1	1	1	1	0	1
07/05/16	C	43	0	0	0	1	1	1	1	0	0
07/05/16	C	44	0	0	0	1	1	1	1	0	1
09/05/16	F	45	0	0	0	1	1	1	1	0	1
09/05/16	E	46	0	0	0	1	1	1	1	0	1
09/05/16	E	47	0	0	0	1	1	1	1	0	1
09/05/16	F	48	0	0	0	1	1	1	1	0	1
09/05/16	F	49	0	0	0	1	1	1	1	0	0
09/05/16	E	50	0	0	0	0	0	1	1	0	1
09/05/16	E	51	0	0	0	1	1	1	1	0	1
09/05/16	F	52	0	0	0	1	1	1	0	0	1
09/05/16	F	53	0	0	0	1	1	1	1	0	1
10/05/16	E	54	0	0	0	1	1	1	0	0	1

Tanggal	OP	NO	Task Step								
			5.2	5.3	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	7	8
10/05/16	E	55	1	0	0	1	1	1	0	0	1
10/05/16	E	56	1	0	0	1	1	1	1	0	1
10/05/16	F	57	1	0	0	1	1	1	1	0	1
10/05/16	F	58	1	0	0	1	1	1	0	0	1
11/05/16	F	59	1	0	0	0	0	1	0	0	1
11/05/16	F	60	0	0	0	1	1	1	1	0	1
11/05/16	F	61	0	0	0	1	1	1	1	0	1
11/05/16	E	62	0	0	0	1	1	1	1	0	0
11/05/16	E	63	0	0	0	1	1	1	0	0	1
11/05/16	E	64	0	0	0	1	1	0	0	0	1
11/05/16	E	65	0	0	0	1	1	1	0	0	1
12/05/16	F	66	1	0	0	1	1	1	1	0	1
12/05/16	F	67	1	0	0	1	1	1	1	0	1
12/05/16	F	68	1	0	0	1	1	1	1	0	1
total			28	0	0	65	65	59	54	0	58
percentage			41%	0%	0%	96%	96%	87%	79%	0%	85%

Lampiran 3

Lampiran 3 adalah hasil perhitungan nilai keandalan *operator*

Lampiran 3 Keandalan *Operator A*

Tanggal	Operator	Pengamatan ke	Jumlah task error	Nomor Task yang error	Human Reliability
25/04/2016	A	1	5	3,11,14,15, 19	0,99483
	A	6	3	3,10,19	0,99788
	A	7	4	3,14,15,19	0,99583
26/04/2016	A	8	6	3,14,15,16,17,19	0,99331
	A	9	4	3,14,15,19	0,99583
	A	12	6	3,14,15,16,17,19	0,99331
Keandalan operator A					0,99517

Lampiran 3 Keandalan *Operator B*

Tanggal	Operator	Pengamatan ke	Jumlah task error	Nomor Task yang error	Human Reliability
25/04/2016	B	2	5	3,14,15,17,19	0,994571
	B	3	5	3,14,15,17,19	0,994571
	B	4	5	3,14,15,17,19	0,994571
	B	5	3	14,15,19	0,996265
26/04/2016	B	10	6	3,10,14,15,16,19	0,994091
	B	11	5	14,15,16,17,	0,994518
Keandalan operator B					0,994764

Lampiran 3 Keandalan *Operator C*

Tanggal	Operator	Pengamatan ke	Jumlah task error	Nomor Task yang error	Human Reliability
02/05/2016	C	13	8	3,10,11,14,15,16,17,19	0,991828
	C	14	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
	C	15	6	3,11,14,15,16,17	0,993518
	C	16	6	11,14,15,16,17,19	0,992740
03/05/2016	C	24	7	3,10,11,14,15,16,17	0,993038
	C	25	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
	C	26	6	11,14,15,16,17,19	0,992740
	C	27	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
	C	31	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
07/05/2016	C	36	6	3,14,15,16,17,19	0,993308
	C	37	7	3,10,14,15,16,17,19	0,992828
	C	38	5	14,15,16,17,19	0,993740
	C	42	6	3,14,15,16,17,19	0,993308
	C	43	5	3,14,15,16,17	0,994518
	C	44	6	3,14,15,16,17,19	0,993308
Keandalan operator C					0,992940

Lampiran 3 Keandalan *Operator D*

Tanggal	Operator	Pengamatan ke	Jumlah task error	Nomor Task yang error	Human Reliability
02/05/2016	D	17	8	3,10,11,14,15,16,17,19	0,991828

	D	18	6	11,14,15,16,17,19	0,992740
	D	19	6	3,11,14,15,16,17	0,993518
03/05/2016	D	20	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
	D	21	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
	D	22	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
	D	23	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
	D	28	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
	D	29	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
	D	30	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
	D	32	6	3,14,15,16,17,19	0,993308
07/05/2016	D	33	6	3,14,15,16,17,19	0,993308
	D	34	6	3,14,15,16,17,19	0,993308
	D	35	4	3,14,15,16,17	0,994950
	D	39	6	3,14,15,16,17,19	0,993308
	D	40	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992828
	D	41	6	3,14,15,16,17,19	0,993308
Keandalan operator D					0,992856

Lampiran 3 Keandalan *Operator E*

Tanggal	Operator	Pengamatan ke	Jumlah task error	Nomor Task yang error	Human Reliability
09/05/2016	E	46	6	3,14,15,16,17,19	0,993308
	E	47	6	3,14,15,16,17,19	0,993308
	E	50	4	3,16,17,19	0,9958332
	E	51	7	3,10,14,15,16,17,19	0,992828
10/05/2016	E	54	5	3,14,15,16,19	0,9945706
	E	55	6	3,11,14,15,16,19	0,9935706
	E	56	6	11,14,15,16,17,19	0,99274
11/05/2016	E	62	5	3,14,15,16,17	0,9945176
	E	63	5	3,14,15,16,19	0,9945706
	E	64	5	3,10,14,15,19	0,9953532

	E	65	6	3,10,14,15,16,19	0,9940906
Keandalan operator E					0,994062764

Lampiran 3 Keandalan Operator F

Tanggal	Operator	Pengamatan ke	Jumlah task error	Nomor Task yang error	Human Reliability
09/05/2016	F	45	6	3,14,15,16,17,19	0,993308
	F	48	7	3,10,14,15,16,17,19	0,992828
	F	49	5	3,14,15,16,17	0,9945176
	F	52	5	3,14,15,16,19	0,9945706
	F	53	7	3,10,14,15,16,17,19	0,992828
10/05/2016	F	57	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
	F	58	7	3,10,11,14,15,16,19	0,9930906
11/05/2016	F	59	5	3,10,11,16,19	0,9956158
	F	60	7	3,10,14,15,16,17,19	0,992828
	F	61	7	3,10,14,15,16,17,19	0,992828
12/05/2016	F	66	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
	F	67	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
	F	68	7	3,11,14,15,16,17,19	0,992308
Keandalan operator F					0,9932036

Lampiran 4

Lampiran 4. Tabel data uji kecukupan data

Tanggal	Operator	Human Reliability	Keandalan operator rata-rata	(Human Reliability) ²
25/04/2016	A	0,99483	0,99517	0,98969
25/04/2016	A	0,99788		0,99576
25/04/2016	A	0,99583		0,99168
26/04/2016	A	0,99331		0,98666
26/04/2016	A	0,99583		0,99168
26/04/2016	A	0,99331		0,98666
25/04/2016	B	0,994571	0,994764	0,98917
25/04/2016	B	0,994571		0,98917

Tanggal	Operator	Human Reliability	Keandalan operator rata-rata	(Human Reliability)^2
25/04/2016	B	0,994571		0,98917
25/04/2016	B	0,996265		0,99254
26/04/2016	B	0,994091		0,98822
26/04/2016	B	0,994518		0,98907
02/05/2016	C	0,991828	0,992940	0,98372
02/05/2016	C	0,992308		0,98468
02/05/2016	C	0,993518		0,98708
02/05/2016	C	0,992740		0,98553
03/05/2016	C	0,993038		0,98612
03/05/2016	C	0,992308		0,98468
03/05/2016	C	0,992740		0,98553
03/05/2016	C	0,992308		0,98468
03/05/2016	C	0,992308		0,98468
07/05/2016	C	0,993308		0,98666
07/05/2016	C	0,992828		0,98571
07/05/2016	C	0,993740		0,98752
07/05/2016	C	0,993308		0,98666
07/05/2016	C	0,994518		0,98907
07/05/2016	C	0,993308		0,98666
02/05/2016	D	0,991828	0,992856	0,98372
02/05/2016	D	0,992740		0,98553
02/05/2016	D	0,993518		0,98708
03/05/2016	D	0,992308		0,98468
03/05/2016	D	0,992308		0,98468
03/05/2016	D	0,992308		0,98468
03/05/2016	D	0,992308		0,98468
03/05/2016	D	0,992308		0,98468
03/05/2016	D	0,992308		0,98468
07/05/2016	D	0,993308		0,98666
07/05/2016	D	0,993308		0,98666
07/05/2016	D	0,993308		0,98666
07/05/2016	D	0,994950		0,98992
07/05/2016	D	0,993308		0,98666
07/05/2016	D	0,992828		0,98571
07/05/2016	D	0,993308		0,98666
09/05/2016	E	0,993308	0,9940628	0,98666

Tanggal	Operator	Human Reliability	Keandalan operator rata-rata	(Human Reliability)^2
09/05/2016	E	0,993308		0,98666
09/05/2016	E	0,9958332		0,99168
09/05/2016	E	0,992828		0,98571
10/05/2016	E	0,9945706		0,98917
10/05/2016	E	0,9935706		0,98718
10/05/2016	E	0,99274		0,98553
11/05/2016	E	0,9945176		0,98907
11/05/2016	E	0,9945706		0,98917
11/05/2016	E	0,9953532		0,99073
11/05/2016	E	0,9940906		0,98822
09/05/2016	F	0,993308	0,9932036	0,98666
09/05/2016	F	0,992828		0,98571
09/05/2016	F	0,9945176		0,98907
09/05/2016	F	0,9945706		0,98917
09/05/2016	F	0,992828		0,98571
10/05/2016	F	0,992308		0,98468
10/05/2016	F	0,9930906		0,98623
11/05/2016	F	0,9956158		0,99125
11/05/2016	F	0,992828		0,98571
11/05/2016	F	0,992828		0,98571
12/05/2016	F	0,992308		0,98468
12/05/2016	F	0,992308		0,98468
12/05/2016	F	0,992308		0,98468

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan kesimpulan dari bab sebelumnya. Selain itu, diberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

1. Kesalahan prosedur penuangan material menyebabkan cacat warna sabun. Bila proses penuangan material sabun oleh *operator* tidak sesuai *manufacturing specification*, maka kemungkinan cacat warna pada sabun semakin besar. Proses penuangan material merupakan tanggung jawab penuh *operator*.
2. Kesalahan yang memiliki frekuensi dan dampak terhadap cacat warna terbesar (*high*) tertinggi adalah *task step* 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 dan 8. 1. Kesalahan ini dapat disederhanakan menjadi dua aktivitas, yaitu penuangan dan komunikasi. *Task step* 6.2, 6.3, 6.4 dan 6.5 masuk kedalam kategori penuangan. *Task step* 8 masuk kedalam kategori komunikasi
3. Ada 3 faktor yang berkontribusi terhadap *human error* pada sistem sekarang yaitu *human*, *management (organization/policies)* dan *Environment (physical conditions)*. Solusi yang bisa ditawarkan untuk faktor penyebab permasalahan penuangan dan komunikasi dari sisi *human* adalah *coaching* atau pelatihan. Solusi yang bisa ditawarkan untuk faktor penyebab permasalahan penuangan dan komunikasi dari sisi *management (organization/policies)* adalah pengubahan sistem bonus dan *punishment* bagi yang menghasilkan produk cacat.

6.2 Saran

1. Penelitian ini berjalan dengan asumsi material berada dalam kondisi ideal. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kondisi material sebelum memasuki departemen pencampuran material.

DAFTAR PUSTAKA

- Annett, J., and Stanton, N., eds. (2001). Task analysis. London: Taylor & Francis.
- Bartel, A. P., 1989. Formal Employee Training Programs And Their Impact On Labor Productivity : Evidence From A Human Resources Survey. NBER working Paper Series.
- Bell, J. & Holroyd, H., 2009. Review of Human Reliability Assessment Methods, Health And Safety Laboratory,. Harpur Hill: Buxton.
- Garrison N. & B., 2006. Managerial Accounting. 11th penyunt. s.l.:The McGraw-Hill Companies.
- Goetsch, D. L. & Davis, S., 1994. Introduction to Total Quality : Quality, Productivity, Competitiveness. Inc. p.4. penyunt. Englewood Cliffs: NJ : Prentice Hall International.
- Hollan, J., Hutchins, E. and Kirsh, D. (2000). Distributed cognition: Toward a new foundation for human--computer interaction research. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 7(2), 174-196.
- Hansen & Mowen., 2007. Akuntansi Manajemen. 7th penyunt. Jakarta: Salemba Empat.
- Imtiaz, M. & Munsi, A., 2014. International Journal of Scientific & Engineering Research. Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach while Drilling, 5(12), p. 808.
- Kennedy, R., Kirwan, B., and Summersgill, R. (2000) making HRA a more consistent science. In Foresight & Precaution, Eds. Cottam, M., Pape, R.P., Harvey, D.W., and Tait, J. Balkema, Rotterdam.
- Kirwan, B. (1988) A comparative evaluation of five human reliability assessment techniques. In Human Factors and Decision Making. Sayers, B.A. (Ed.) London: Elsevier, pp. 87-109.
- Krumwiede, D. W., Sheu, C. & Lavelle, J., 1998. The Implementation Stages of Activity- Based Costing and The Impact of Contextual and Organizational Factors.. Journal of Management Accounting Research, Volume 10, pp. 239-277.

- Labrecque, L. & Milne, G., 2011. **Exciting red and competent blue: the importance of color in marketing**. [Online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/251277565_Exciting_red_and_competent_blue_The_importance_of_color_in_marketing, [Diakses 11 July 2016].
- Lane, R., A. Stanton, N. & Harrison, D., 2006. Applying hierarchical task analysis to medication administration errors. *Applied Ergonomics*, Volume 37, pp. 669-679.
- Lupiyoadi, R. & Hamdani, A., 2006. *Manajemen Pemasaran Jasa*. Jakarta: Salemba Empat.
- MacLean, A., Young, R., Bellotti, V. and Moran, T. (1991). Questions, options and criteria: Elements of design space analysis. *Human-Computer Interaction*, 6: 201-250.
- Reason, J., 1990. *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shepherd, A. (2001). *Hierarchical task analysis*. New York: Taylor & Francis.
- Wedgwood, I., 2006. *Lean Sigma: A Practitioner's Guide*. s.l.:Prentice Hall..

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Samuel Tarigan. Lahir pada tanggal 1 Mei 1994 di Pematangsiantar. Penulis merupakan anak kedua dari 4 bersaudara. Ayah penulis bernama Raduseh Tarigan dan Ibu Tioman Manurung. Penulis menempuh pendidikan Sekolah dasar di SDN 034781 Batang beruh Sidikalang, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP RK Bintang Timur Pematangsiantar dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA RK Budimulia Pematangsiantar. Selama berkuliah di jurusan teknik industri Institut teknologi sepuluh Nopember, penulis aktif diberbagai organisasi. Penulis menjadi pengurus komunitas ITS jazz Surabaya, pengurus UKM Musik ITS, pengurus paguyuban Alumni SMA Budi Mulia Siantar Surabaya dan pengurus komunitas beasiswa Bank Indonesia. Penulis pernah menjadi panitia di kegiatan kampus skala lokal, Nasional dan internasional. Penulis menjadi perwakilan ITS dalam Unilever Future Leader League 2015 dan mendapat *the best team of Supply chain* bersama dengan dua orang rekan satu tim dari UGM dan UI. Penulis menempuh kerja praktik di perusahaan Garuda Maintenance Facility dan magang di PT. Unilever Indonesia Rungkut- Factory. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail samueltariganid@gmail.com untuk hal yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini.